

TRAITÉ COMPLET

DE MÉCANIQUE

APPLIQUÉE AUX ARTS.

IMPRIMERIE DE FAIN, RUE DE RACINE, PLACE DE L'ODÉON.

TRAITÉ COMPLET

DE MÉCANIQUE

APPLIQUÉE AUX ARTS,

Contenant l'Exposition méthodique des théories et des expériences les plus utiles pour diriger le choix, l'invention, la construction et l'emploi de toutes les espèces de machines;

Par M. J.-A. BORGNIS,

INGÉNIEUR ET MEMBRE DE PLUSIEURS ACADÉMIES.

Des Machines hydrauliques.

PARIS,

BACHELIER, LIBRAIRE, QUAI DES AUGUSTINS.

1819.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

LIVRE QUATRIÈME.

Des machines pour épuiser l'eau des mines.

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Pag.	*Lig.*	*Au lieu de :*	*Lisez :*
21	1	Pompe aspirante-foulante de *Parent*. .	. *Ajoutez* Pl. XI, fig. 1.
id.	18	Pompe aspirante-foulante de *Bélidor*.	. —— Pl. XI, fig. 7.
26	1	le piston *b*.	. le piston *a*.
38	4	la figure 6.	. la figure 8.
39	7	fig. 1.	. fig. 7.
78	13	un poid *p* suspendu.	. un poid suspendu.
88	22	par de sa pression.	. par sa pression.
89	28	pareillement.	. principalement.
96	23	dont nous venons parler.	. dont nous venons de parler.
125	11	la fig. 5, pl. XVI.	. fig. 1, pl. XVI.
142	4	les figures 10 et 11	. les fig. 11 et 12.
144	16	de la beaucoup.	. de beaucoup.
161	3	le tuyau *c*.	. le tuyau C.
193	11	pl. XVII, figure 5	. pl. XVII, fig. 8.
194	17	fig. 8.	. fig. 10.
id.	10	fig. 8.	. fig. 10.
195	20	fig. 9.	. fig. 11.
202	2	figures 5 et 6, pl. X.	. fig. 5 et 6, pl. XIX.
215	21	dans la base *a a*.	. dans la buse *a a*.
id.	23	de la base.	. de la buse.
247	17	rouleaux *m m*	. rouleaux *n n*.
249	3	fig. 16.	. fig. 8 et 16.

PRÉFACE.

Deux sortes de machines recoivent communément la dénomination de *machines hydrauliques*. Premièrement, celles qui sont mues par un courant d'eau, quelle que soit d'ailleurs l'espèce de travail qu'elles effectuent. Secondement, celles dont les fonctions sont d'élever une certaine quantité d'eau à une hauteur plus ou moins grande. L'objet spécial de ce volume est de décrire et d'examiner comparativement ces dernières machines qui retiennent le nom de *machines hydrauliques*, lors même qu'un moteur, autre qu'un courant d'eau, les met en action.

Dans ce volume, comme dans les précédens, nous nous sommes prescrit non-seulement de décrire les machines qui nous ont paru les plus utiles, mais d'indiquer les cas particuliers dans lesquels elles doivent être employées; les méthodes à suivre, les précautions à adopter, les inconvéniens à prévoir et à éviter, pour qu'elles puissent donner le produit le plus avantageux avec la moindre dépense possible.

On peut comparer une machine à un instrument musical. La construction soignée de l'instrument, ses formes, ses dimensions, la distribution de toutes ses parties combinées avec art, contribuent puissamment, sans doute, à produire ces sons enchanteurs qui nous ravissent, lorsque Viotti exécute un concerto sur un violon d'Amati, ou que Steibel parcourt savamment le clavier d'un piano d'Érard. Mais si des doigts inhabiles compriment les cordes du même violon, ou les touches du même piano, il en résulte des sons monotones, faux et criards, qui excitent en nous des sensations aussi désagréables que les

premières étaient délicieuses. De même qu'un bon instrument ne produit des sons mélodieux que par l'habileté du virtuose qui s'en sert, une excellente machine ne produit l'effet dont elle est susceptible que lorsqu'on en fait usage avec art et intelligence; en cas contraire, elle sera probablement plus nuisible qu'utile. Par cette raison, nous avons cru que nous n'aurions rempli qu'une faible portion de notre tâche, si nous nous fussions limités à donner des descriptions isolées des machines, sans faire connaître les moyens qu'on doit employer pour en faire usage.

Dans la vue de remplir ce double but, il a fallu présenter au lecteur une exposition claire et méthodique des séries d'opérations dans lesquelles les machines décrites produisent des résultats utiles. Il a fallu que cette exposition, à la fois élémentaire et concise, contînt une indication sommaire des faits qui ont un rapport indirect avec les machines, et que de plus amples développemens fussent réservés pour des opérations dépendantes ou intimement liées au travail qu'elles sont destinés à faire. Enfin cette exposition, présentée avec ordre, ne devait contenir aucune de ces transitions trop brusques, de ces divergences trop prononcées qui sont une source d'obscurités et de divagations.

La méthode que nous avons adoptée, de combiner les descriptions des machines avec l'exposition des détails pratiques qui en accompagnent l'usage, nous a paru susceptible de faire disparaître, en partie, l'aridité qui accompagne toujours les descriptions purement techniques, et de captiver l'attention du lecteur en lui faisant apercevoir l'utilité des objets qu'on lui présente.

Ce volume est divisé en quatre livres; le premier n'est autre chose que le développement circonstancié du second genre

de la classe des opérateurs par locomotion, de notre classification des organes mécaniques, que nous avons exposée dans le traité spécial de la composition des machines.

Le premier chapitre comprend les organes qui élèvent l'eau par un mouvement de translation; quelques-uns, doués d'une grande simplicité, sont de purs instrumens : tels sont les seaux, les écopes, les vans et les bascules simples; d'autres plus composés doivent être rangés parmi les machines, tels sont les norias, les chapelets, inclinés et verticaux; les roues à godets, à escargots et à tympan; les vis hydrauliques à enveloppe adhérente à la courbe rampante, et à enveloppe non-adhérente, suivant la méthode hollandaise.

Le second chapitre parle des pompes aspirante, foulante, aspirante-foulante; fait connaître, dans le plus grand détail, la forme, la disposition, le jeu de toutes leurs parties, et spécialement des soupapes et des pistons; décrit les principales variétés qui ont été mises en usage, et indique les avantages et les défauts de chacune. Les pompes tournantes, imaginées en divers temps, n'ont point été oubliées, quoique rarement on soit parvenu à en faire un bon usage.

Le troisième chapitre est consacré aux machines à compression d'air, dont la *fontaine artificielle* attribuée au géomètre grec *Héron* est le type. *Salomon de Caus* a décrit une machine de ce genre, de grande dimension; mais il paraît que l'honneur d'avoir mis en pratique avec succès cette belle invention est dû à *Holl*, célèbre mécanicien allemand. Les Anglais, et spécialement MM. *Boswell* et *Goodwin*, y ont ajouté ensuite quelques perfectionnemens.

Le quatrième chapitre décrit les machines dans lesquelles le

siphon entre comme partie intégrante. On remarque avec intérêt celles que M. le marquis *Manoury* a inventées lorsqu'il est parvenu à résoudre, par des méthodes aussi ingénieuses que brillantes, le problème extraordinaire d'élever l'eau au moyen d'une combinaison de tuyaux, où toutes les parties solides sont immobiles. La machine de M. *Trouville*, le flotteur à siphon de M. *de Thiville*, et la machine de M. *W. Close*, pour élever l'eau par le mouvement latéral d'un courant dans un tube conique, occupent aussi un rang distingué parmi les inventions où le siphon joue un rôle plus ou moins important; mais malheureusement ces inventions n'ont pas encore été adoptées par la pratique.

Les machines à colonne d'eau, décrites dans le cinquième chapitre, méritent d'être examinées avec attention, non-seulement parce que leur construction est ingénieuse, mais parce que leur utilité est démontrée par l'expérience. *Denisart* et *Dueille* ont présenté à l'Académie des sciences, en l'année 1731, une machine à colonne d'eau. *Bélidor* a ensuite amélioré cette machine; *Holl*, dont nous avons déjà parlé, l'a rendue plus parfaite; enfin *Reichenbach* y a ajouté de nouvelles modifications.

Le dernier chapitre du premier livre traite du belier hydraulique de *Mongolfier*, donne les résultats des belles expériences qui ont été faites sur cette intéressante machine par *Eytelwein*, par *Brunacci* et par d'autres savans, et enfin décrit en détail les formes et les dispositions que doivent avoir les parties d'un belier.

On voit par ce résumé que le premier livre contient l'examen comparatif et méthodique, non-seulement des divers organes

aptes à élever l'eau, mais encore des parties secondaires qui composent ces organes. Les trois livres suivans contiennent les applications que l'on peut en faire aux usages pratiques.

Parmi ces applications, le second livre contient celles relatives aux besoins domestiques et aux travaux de l'agriculture.

Dans le premier chapitre de ce livre, on trouve d'abord la description des puits et des citernes les plus remarquables; puis les machines qui y sont adaptées pour en extraire l'eau, soit au moyen des seaux, soit au moyen des pompes.

Le second chapitre traite de la conduite et de la distribution des eaux dans les villes. Après avoir passé rapidement en revue les merveilleux travaux de ce genre, exécutés par les anciens, nous décrivons avec plus de détail, d'après les ouvrages de M. *Girard*, l'important travail du canal de l'Ourcq. Nous faisons ensuite connaître quelles sont les machines les plus convenables pour élever l'eau nécessaire à la consommation d'une population nombreuse. Nous distribuons ces machines en deux espèces, celles mues par le courant d'une rivière, et celles mues par la vapeur.

Dans le troisième chapitre, qui traite des pompes à incendie, nous avons décrit celles en usage en Angleterre, qui nous ont paru, sous tous les rapports, préférables aux pompes mesquines employées par le corps des pompiers de Paris.

Les deux derniers chapitres sont consacrés au desséchement des marais et aux irrigations. Ces deux importans objets, d'où dépend en partie la prospérité agricole d'une nation, auraient exigé des développemens plus étendus que ceux que le cadre de

cet ouvrage nous a permis d'y insérer; nous n'avons pas cependant négligé de faire connaître en détail les machines qui nous ont paru les plus convenables pour ces deux objets, telles que les roues à escargots, les roues à pots et les norias.

Le livre troisième traite des épuisemens temporaires, c'est-à-dire, de ceux qui ne durent qu'un temps limité et cessent ensuite entièrement, ou ne se reproduisent qu'à des époques plus ou moins éloignées.

Le premier chapitre parle de l'épuisement de l'eau contenue dans l'intérieur d'un batardeau. Après avoir décrit brièvement la construction d'un batardeau et les précautions à prendre pour prévenir les infiltrations, nous faisons connaître en détail les machines appropriées à ces sortes d'épuisemens, et enfin nous rapportons les résultats des expériences faites par le célèbre *Perronet*, pour constater le produit de chacune de ces machines.

L'épuisement de l'eau renfermée dans les bassins destinés à la construction et à la réparation des vaisseaux, forme l'objet du second chapitre.

Le chapitre suivant contient ce qui est relatif aux épuisemens à bord d'un navire. On y trouve la description des archipompes, des pompes, des bringueballes, et spécialement des pompes à deux pistons, employées depuis quelques années par les Anglais, et de la pompe de *Buchanan* qui offre plusieurs particularités aussi utiles que remarquables.

Le dernier livre est entièrement consacré aux épuisemens de l'eau des mines; il contient quatre chapitres, dont le premier décrit amplement les systèmes de pompes superposées en usage

dans les puits des mines, et la disposition des tiges et des tirans qui mettent en mouvement leurs pistons.

Le second livre parle des machines mues par des chevaux, et spécialement des machines à molettes, dont le double usage est d'extraire le minerai et d'élever l'eau des mines.

Le troisième traite des machines mues par l'eau, soit pour faire agir un système de pompes, soit pour mettre en mouvement un *baritel :* nous indiquons les moyens employés pour faire tourner la roue de cette machine en divers sens, et pour l'arrêter subitement et à volonté.

Le dernier chapitre parle de l'application des machines à vapeur aux travaux des mines, et donne des résultats comparatifs sur le produit et la dépense des machines de Newcomen, des machines à simple effet, à double effet, et de celles à forte pression.

Nota. Il n'est pas rare dans les arts, et surtout dans les arts mécaniques, de rencontrer plusieurs personnes qui aient conçu les mêmes idées, soit simultanément, soit à des époques et à des distances plus ou moins rapprochées; l'histoire fourmille d'exemples de cette nature que je ne m'attacherai pas à citer. Dans la stricte vérité, plusieurs personnes qui ne se sont pas communiquées, et qui, chacune de son côté, ont eu la même idée pour la création ou pour le perfectionnement heureux d'une machine déjà imaginée; chacun, dis-je, mû par le sentiment intime qu'il n'est point plagiaire, peut se regarder comme inventeur; mais, comme il est rare que l'on puisse prouver la priorité autrement que par des écrits authentiques, il est généralement reçu que celui-là seul qui, le premier, a consigné dans des ouvrages publics la description de son idée, doit être reconnu pour l'inventeur. Les autres doivent renoncer à cette gloire, quoiqu'il soit incontestable à leur conscience qu'ils n'ont eu aucune connaissance de la découverte de leur compétiteur.

Pendant que j'étais à la tête de travaux considérables et importans, j'ima-

ginai une échelle flexible et sans fin : comme j'ignorais absolument que personne se fût occupé du même objet, je dus naturellement m'en regarder comme l'inventeur; et je l'étais effectivement dans le sens que j'ai développé plus haut. Dans cette conviction je n'hésitai pas à me donner comme tel dans mon volume *de la composition des machines*, page 18, § 57. Il vient de me tomber sous la main le 26[e] numéro de la seconde série du *Repertory*, *etc.*, qui renferme une lettre sous la date du 10 septembre 1814, dans laquelle M. *John Bottomley* a décrit cet important mécanisme. Il est de toute justice que je reconnaisse ce mécanicien comme devant jouir de la priorité de l'invention, puisqu'il a décrit cette ingénieuse machine avant moi. Je m'empresserai de rectifier toutes les erreurs de ce genre que je pourrais commettre sans le vouloir : personne, plus que moi, n'aime à rendre justice à qui elle est due.

DES MACHINES HYDRAULIQUES.

LIVRE PREMIER.

Des organes opérateurs aptes à élever l'eau.

1. DANS le traité de la composition des machines nous avons énuméré les *organes opérateurs* aptes à élever l'eau ; nous leur avons assigné le second genre de la classe des *opérateurs par locomotion ;* et nous avons subdivisé ce genre en six espèces ; dont la première contient les seaux et les organes en général qui élèvent l'eau par un simple mouvement de translation ; la seconde renferme les nombreuses variétés de pompes ; la troisième, les organes à compression d'air ; la quatrième, ceux à siphon ; la cinquième, ceux à colonne d'eau ; et la sixième, les beliers et autres organes qui opèrent par la percussion de l'eau.

La description de ce genre d'organes très-importans formera le sujet de ce premier livre, et chacun des six chapitres qui le composent sera consacré à une des espèces indiquées.

CHAPITRE PREMIER.

Des organes qui élèvent l'eau par une simple translation.

2. Nous jetterons d'abord un coup d'œil sur ceux de ces organes, qui, doués d'une très-grande simplicité, sont indépendans de tout autre organe mécanique, et qui sont employés par l'homme toutes les fois qu'il veut puiser, transporter et verser de l'eau sans employer aucun intermédiaire; puis nous examinerons ceux qui, combinés avec d'autres organes, en sont essentiellement dépendans, ou bien en font partie.

Seaux.

3. On donne ce nom à des vases cylindriques ou très-peu coniques. Ces vases, exposés fréquemment à recevoir des chocs, doivent réunir la solidité à la légèreté, et être peu coûteux; les meilleurs sont ceux qui satisfont plus complétement à ces trois conditions.

4. Les uns sont métalliques, en cuivre ou en fer-blanc, ils ont une anse de fer qui donne la facilité de les empoigner avec aisance; ils sont ordinairement cylindriques. D'autres sont d'osier et revêtus intérieurement de cuir; tels sont ceux qu'ordinairement les pompiers emploient. D'autres sont en bois, formés de *douves* réunies autour d'un plateau circulaire, et environnées de cercles en fer ou en bois; ces deux dernières sortes sont très-peu coniques.

Écopes.

5. Les écopes sont des pelles creuses qui servent à puiser l'eau à une petite profondeur, et à la rejeter à une petite distance.

6. Si l'épuisement à effectuer est momentané, ces instrumens sont alors mis immédiatement en mouvement par les

bras des hommes moteurs, sans l'emploi d'aucun intermédiaire, comme on le voit. (Pl. I, fig. 3.)

7. Lorsqu'au contraire l'épuisement est considérable, l'on suspend les écopes, au moyen d'une corde, à un point fixe placé à 7 ou 8 pieds d'élévation au dessus de l'eau. On établit ordinairement ce point de suspension, en réunissant trois pièces de bois en forme de pyramide. La fig. 4 représente un semblable assemblage.

8. Par cette méthode très-simple, on soulage le moteur et on facilite singulièrement son action. Le poids de l'écope et de l'eau qu'elle contient étant en grande partie supporté par le point de suspension, l'action du moteur se réduit à imprimer un mouvement d'oscillation à l'écope, après qu'elle a puisé une certaine quantité d'eau; ce mouvement favorisé par le poids même de l'écope, qui remplit en quelque sorte les fonctions de la lentille d'un pendule ordinaire, s'effectue avec autant d'aisance que de célérité. Ce mode d'épuisement est excellent dans les cas où il faut puiser une quantité d'eau assez considérable, à une petite profondeur, pour la verser à une distance également petite. La profondeur doit être moindre de trois pieds, et la distance moindre de six.

Van.

9. On se sert à Venise d'une méthode facile et très-avantageuse d'épuiser l'eau contenue dans l'enceinte d'un bâtardeau; lorsque la distance entre la surface de l'eau et le point le plus élevé où l'on veut la faire parvenir n'excède point cinq ou six pieds, deux hommes empoignent les anses du *van* ordinaire d'osier, et s'en servent pour puiser et verser l'eau avec beaucoup plus de promptitude et de célérité qu'avec des seaux, car la forme de cet instrument large, peu élevé et léger, est très-favorable à ce genre de travail.

Bascules.

10. On distingue deux sortes de bascules, les simples et les composées. Les simples peuvent être employées avec utilité dans les cas où l'usage des seaux est embarrassant; mais l'expérience a prouvé qu'à circonstances égales elles donnent un produit moindre que les seaux, à cause des frottemens et autres résistances passives que leur construction entraîne nécessairement, et qui n'existent point dans les organes qui sont manœuvrés immédiatement par les moteurs sans leviers et sans supports; d'un autre côté leur construction est plus coûteuse.

11. Ces inconvéniens, qui sont petits mais appréciables dans les bascules simples, augmentent, dans les bascules composées, en même rapport que leur complication, et deviennent tellement graves, que ces sortes de bascules n'ont pu être appliquées à la pratique avec utilité. Aussi les inventions de cette nature qui abondent dans les anciens recueils de machines, sont sans utilité quoique ingénieuses.

12. La plus simple de toutes les bascules est probablement celle indiquée Pl. II, fig. 6. On voit que ce n'est autre chose qu'un simple canal formé par la réunion de quelques planches et suspendu sur deux montans *a a*.

13. Ce canal présente une plus grande capacité du côté de l'eau à puiser, et se rétrécit du côté opposé. Un homme placé latéralement le fait incliner tour à tour, et par ce mouvement il verse l'eau immédiatement après l'avoir puisée.

14. Rarement les circonstances locales se prêtent à l'établissement et à la manœuvre de cette bascule. Dans quelques-uns de ces cas, on peut lui substituer la bascule à balancier, représentée fig. 7 (Pl. II). L'inspection de la figure suffit pour en faire concevoir nettement la structure; on en fait un fréquent usage en Italie, où elle est désignée sous le nom de *conchetta*.

15. Dans d'autres cas, on peut employer la bascule de Péronnet, représentée fig. 7 (Pl. III). Cette bascule est mue par le poids de plusieurs hommes placés aux extrémités *a* et *b*. L'eau sort par les ouvertures *m*, *m*. Elle est trop pesante, trop volumineuse, et d'une construction trop coûteuse. Nous aurons occasion d'en parler de nouveau dans le troisième livre.

16. La fig. 9 (Pl. I) représente une double bascule à balancier. Les hommes moteurs agissent sur des cordes attachées aux extrémités du balancier *b b*, et, en lui communiquant un mouvement circulaire alternatif, ils abaissent successivement une des bascules pour puiser, et l'élèvent pour verser l'eau qu'elle a recueillie; en même temps ils impriment à l'autre bascule un mouvement contraire. Cette bascule a tous les inconvéniens des bascules composées, elle est volumineuse, pesante, d'une construction et d'un entretien également coûteux.

Noria, Pl. II, fig. 10 et 11.

17. On donne en général le nom de *noria* à une série de vases suspendus à des chaînes sans fin, qui s'enveloppent sur deux tambours. Ces vases sont placés de manière à puiser l'eau au point le plus bas, et à la verser au point le plus haut; ils la retiennent dans le trajet entre ces deux points.

Ces sortes de machines rendent d'utiles services dans les irrigations. Nous en développerons les détails dans le livre suivant.

Chapelets.

18. Les chapelets se distinguent des norias en ce que les premiers sont formés d'une suite de plateaux liés les uns aux autres par une chaîne sans fin, et ils se meuvent dans un tuyau ou vertical, ou oblique; tandis que les autres sont formés par une suite de vases suspendus à des chaînes sans fin. On distingue deux sortes de chapelets, les verticaux, et les inclinés;

nous nous bornerons ici à en indiquer la structure; ils seront plus amplement détaillés dans le troisième livre.

Chapelet vertical, Pl. III, fig. 4.

19. Les plateaux de ce chapelet, dont un est déssiné sur une plus grande échelle (fig. 5), sont composés d'une rondelle de cuir serrée entre deux plateaux métalliques accrochés eux-mêmes aux chaînons de la chaîne sans fin qui passe sur un treuil à griffes *a*, entre dans le tuyau cylindrique *b* et remonte perpendiculairement de l'autre côté. Le bout du tuyau *b* plonge dans l'eau, et porte à sa partie supérieure, d'un côté le support *d*, sur lequel repose le treuil à griffes, et de l'autre un tuyau *f* qui verse l'eau élevée dans le coursier *l*. La machine est mue par des hommes appliqués à la manivelle *m*.

Chapelet incliné.

20. Ce chapelet se meut dans une espèce de coursier incliné, que l'on nomme buse, composé de trois madriers assemblés carrément, et ouvert dans le haut. Deux lanternes sont placées à l'extrémité de ce coursier. La chaîne sans fin roule sur les lanternes, ses palettes sont carrées et en bois; la chaîne est formée par des tiges de fer ou de bois qui traversent chaque palette au centre, et se réunissent entre elles par des charnières; ces charnières se trouvent dans le milieu de l'espace qui sépare deux palettes consécutives. Les palettes sont perpendiculaires au fond de la buse. Lorsqu'on met en mouvement cette machine, les palettes glissent sur le fond de la buse, elles entraînent l'eau et l'obligent à monter le long du plan incliné.

Roues à tympans ou à godets, Pl. IV, fig. 1, 2, 3 et suivantes.

21. On appelle ainsi des roues qui portent autour de leur circonférence des vases disposés de telle manière qu'ils puissent se

remplir lorsqu'étant parvenus au point le plus bas, ils plongent dans l'eau, et qu'ils puissent se vider entièrement quand ils seront parvenus au point le plus élevé.

22. Les fig. 1, 2 représentent une roue qui porte plusieurs caisses closes. Dans une des faces latérales de ces caisses sont percés deux trous *a a*; une plaque *d d*, mobile dans des coulisses *b b*, couvre ces trous; mais un levier *r*, qui agit sur un étrier *s* adapté à la plaque, peut, en l'abaissant, ouvrir les trous *a a*. Ce levier a son centre de rotation en *m*.

23. Lorsque la roue tourne, et qu'une des caisses entre dans l'eau, le bout du levier *r* rencontre une cheville qui le force de tourner, et conséquemment d'abaisser la plaque et de déboucher les trous. La caisse entièrement immergée se remplit; lorsqu'elle est pleine, le levier rencontre une cheville qui l'oblige à fermer les trous; enfin une autre cheville produit l'effet contraire lorsque la caisse doit verser l'eau qu'elle contient. Ce mécanisme minutieux est sujet à se déranger souvent; on préfère les méthodes suivantes.

24. Dans celle indiquée fig. 3, les augets marqués par les lignes ponctuées, n'ont qu'une ouverture *a a a*, placée de telle sorte que lorsque la charge d'eau que la roue supporte s'élève, le trou se trouve en haut, et l'eau ne peut sortir, mais à mesure qu'elle s'approche du sommet, le trou s'incline de plus en plus et laisse une libre issue à l'eau.

25. Dans celle représentée fig. 6 et 7, les vases *a a a* sont suspendus de manière qu'en montant ils conservent leur verticalité jusqu'à ce que rencontrant l'auge *b b*, ils s'inclinent, versent l'eau et traversent l'auge; on facilite ce passage au moyen d'un rouleau *d* placé dans l'auge.

Vis hydrauliques.

26. Les vis hydrauliques, en général, sont composées d'un axe tournant placé obliquement, lequel est entouré d'une surface courbe qui suit les développemens d'une hélice tracée sur l'axe même. On connaît deux sortes de vis hydrauliques : la vis d'Archimède proprement dite, et la vis hollandaise. La première est environnée d'un tuyau dans lequel elle est contenue et auquel elle adhère, de sorte que l'axe, la surface courbe rampante, et le tuyau, ne forment qu'un seul corps qui se meut en même temps. La seconde n'a qu'un demi-tuyau, et ce demi-tuyau, indépendant de la vis, conserve son immobilité, tandis que la vis tourne.

Vis d'Archimède, Pl. III, fig. 6.

27. Le tuyau ou enveloppe extérieure de la vis est construit, à l'instar d'un tonneau, de douves environnées de plusieurs cercles de fer, placés à distances égales. L'extrémité de ce tuyau plonge dans l'eau. Il est placé dans un châssis en bois; son axe est incliné d'un certain nombre de degrés, et porte une manivelle à son extrémité supérieure.

La surface courbe qui forme les filets de la vis est encastrée dans l'axe et dans le tuyau. Elle est toujours perpendiculaire à l'axe. Souvent la vis est composée de trois ou quatre courbes qui suivent les développemens d'autant d'hélices parallèles.

28. Les vis d'Archimède, dont on se sert ordinairement dans les épuisemens, ont de 16 à 18 pieds de longueur, et de 15 à 16 pouces de diamètre intérieur; elles élèvent l'eau à 9 ou 10 pieds de hauteur, et elles sont mues pas 8 ou 10 hommes, qui travaillent pendant deux heures, et sont ensuite relayés par un même nombre d'ouvriers. On calcule ordinairement que cette

machine verse, dans une journée moyenne de dix heures, 12,000 pieds cubes d'eau.

29. L'eau dans cette machine monte en suivant les filets de la vis, et les suit jusqu'à l'extrémité supérieure du tuyau, quelle que soit la longueur de ce tuyau; car, l'inclinaison des filets sur l'axe et leur continuité non interrompue, fait qu'une fois entrée dans le tuyau qui tourne continuellement, elle glisse sur la surface courbe qui forme les filets de la vis comme sur un plan incliné, et passe de l'un à l'autre successivement jusqu'au bout, où elle tombe dans une auge disposée pour la recevoir.

Nous ajouterons quelques détails sur cette vis dans le troisième livre.

Vis hollandaise.

30. Les filets de la vis n'ont point d'enveloppe extérieure qui leur soit adhérente. Mais ils tournent dans un demi-cylindre immobile, qui a la même inclinaison que l'axe de la vis; leurs extrémités inférieures plongent également dans l'eau qu'il s'agit d'élever.

31. Le diamètre du demi-cylindre creux doit être un peu plus grand que celui de la vis, pour qu'elle puisse tourner librement et sans frottement; mais la différence de ces diamètres ne doit point être telle que l'eau puisse redescendre en traversant l'espace entre la paroi du demi-cylindre et la vis. L'eau remplit la capacité du demi-cylindre creux, et s'échappe par son extrémité supérieure.

CHAPITRE II.

Des Pompes.

32. On nomme en général *pompe*, un organe destiné à élever de l'eau par le moyen d'un piston (ou plateau circulaire), qui agit par des ascensions et des descentes alternatives dans un tuyau cylindrique. On connaît plusieurs variétés de pompes qui toutes peuvent se grouper en trois catégories : 1°. Pompes aspirantes; 2°. Pompes foulantes; 3°. Pompes aspirantes-foulantes. Les premières agissent par *succion*, c'est-à-dire produisent un vide en évacuant l'air contenu dans le tuyau, dont un bout est plongé dans l'eau; alors la pression de l'air sur cette eau, la fait monter dans l'intérieur du tuyau. Les secondes opèrent par *pression*, car le piston repousse avec force l'eau devant lui, et l'oblige de monter le long du tuyau. Les troisièmes réunissent en elles les deux manières d'agir.

Pompe aspirante simple, Pl. V, fig. 1.

33. Le tuyau de cette pompe est composé de deux portions cylindriques, superposées et concentriques. La plus élevée *a*, nommée corps de pompe, a un diamètre plus grand et une moindre longueur que l'inférieure *b*, à laquelle on a donné le nom de tuyau d'aspiration. Au sommet du tuyau *b* est placée une soupape ou clapet *c*; le bout de ce tuyau est plongé dans l'eau; son extrémité est un peu évasée par le bas, pour que l'eau s'y introduise mieux; et il porte une plaque de tôle percée d'un nombre de trous, pour que l'eau en montant n'entraîne point d'ordures.

34. Les deux tuyaux sont unis par des rebords *d d*, nommés *brides*, qui ont été fondus avec les tuyaux mêmes; ces brides sont percées de quatre trous, pour y passer des vis qui s'ajustent dans des écrous; et, pour rendre l'union des brides impénétrable à l'eau, on met entre elles des rondelles de cuir.

35. Le piston de cette pompe est une espèce de cône tronqué renversé, dont la grande base est entourée d'une bande de cuir, clouée par une ou deux rangées de clous très-rapprochés; cette bande doit être un peu évasée en entonnoir, par en haut, et entrer avec peine dans le corps de pompe quand on y introduit le piston, dont le diamètre doit être de deux lignes plus petit.

Ce piston est en bois de *charme* ou d'*aune*, moins sujets à se fendre que les autres bois; les deux bases sont environnées de cercles en fer. Il est percé d'un trou *l*, couvert d'une soupape *n* en cuir, attachée sur le bois par une queue servant de charnière. Quand cette soupape est abattue, elle déborde d'un demi-pouce le pourtour du trou, et, pour le fermer plus exactement, on la charge d'une plaque de plomb. Enfin, le piston a une queue *p*, faite du même morceau de bois dont il est composé, évidée en forme d'arcade, à laquelle est attachée une tige de fer *r*.

Jeu de la machine.

36. Le bout du tuyau d'aspiration *b* est plongé dans l'eau; cette eau se trouve à la même hauteur, tant à l'intérieur qu'au dehors, et l'air renfermé dans le tuyau a la même densité que l'extérieur. Si l'on élève le piston, il laissera nécessairement un vide sous lui (en supposant toujours que l'air ne puisse pénétrer entre les parois du tuyau et le piston même), alors l'air contenu dans le tuyau d'aspiration exerçant sur la soupape *c* un

plus grand effort que ne fait l'air contenu dans le corps de pompe au dessous du piston; cette soupape sera ouverte, l'air affluera dans le corps de pompe; et comme il y occupera un espace plus grand qu'avant l'ascension du piston, il aura une moindre densité qu'il n'avait, et que n'a l'air extérieur; conséquemment, ce dernier, en vertu de la pression qu'il exerce sur la surface de l'eau environnante, forcera la colonne d'eau contenue dans le tuyau de monter à une hauteur telle que l'air ait une densité suffisante pour contrebalancer la pression atmosphérique.

37. Si l'on fait descendre le piston, la soupape *c* se ferme, l'air qui reste dans le corps de pompe, se trouvant comprimé, ouvre la soupape du piston et s'échappe. Le piston, en remontant alors, fait un second vide qui produit les mêmes effets que le premier, c'est-à-dire, ouvre la soupape *c*, oblige l'air du tuyau de se dilater, et, par la diminution de son ressort, fait arriver la colonne d'eau intérieure à une plus grande hauteur.

38. En réitérant, de la même manière, un certain nombre de fois les mouvemens d'ascension et de dépression du piston, l'eau remplit progressivement, non-seulement le tuyau d'aspiration dans toute sa longueur, mais encore une partie du corps de pompe. Cet effet aura lieu quand la distance entre le point le plus élevé de la course du piston et la surface de l'eau inférieure, n'excèdera point 32 pieds, car on sait que la pression atmosphérique n'équivaut qu'au poids d'une colonne d'eau de cette hauteur. Alors, toutes les fois qu'on abaissera le piston, la soupape *c* empêchera l'eau contenue dans le corps de pompe de descendre; en même temps, le piston comprimant l'eau, la soupape *n* sera ouverte et l'eau passera au dessus du piston, qui en remontant l'entraînera avec lui et la déchargera dans le dégorgeoir.

39. La qualité caractéristique de la pompe aspirante simple, est d'avoir un piston à soupape qui agit à une hauteur plus ou moins grande au-dessus du niveau de l'eau inférieure, hauteur qui ne peut en aucun cas excéder 32 pieds.

40. Cette pompe est sujette à quelques inconvéniens : 1°. Les cuirs des pistons et des soupapes ne font leurs effets qu'imparfaitement, lorsqu'ils viennent à se sécher dans les grandes chaleurs, ou quand les pompes ne jouent pas continuellement, ce qui oblige de verser de l'eau dessus par le haut de la pompe, pour les humecter; 2°. La jonction des tuyaux qui composent la pompe est rarement assez exacte pour que l'air ne s'y insinue pas un peu; de même, quand le cuir du piston n'est pas bien humecté, il cesse d'adhérer à la surface intérieure du corps de pompe, et l'air s'introduisant dans l'espace vide fait cesser l'aspiration.

41. La force de la puissance qui aspire l'eau dans cette pompe doit surmonter un effort équivalent au poids d'une colonne d'eau qui aurait pour base le cercle du piston, et pour hauteur la distance de la source au point de la plus grande élévation du piston; à quoi il faut ajouter le poids de l'eau dont le piston est surmonté, lorsqu'il s'élève au dessus du terme de l'aspiration pour la dégorger dans une cuvette ou réservoir. Quelle que soit la grosseur du tuyau d'aspiration, la puissance aura toujours à surmonter le même effort, abstraction faite des résistances passives.

42. Pour bien comprendre comment la puissance qui fait agir le piston doit surmonter l'effort que nous venons d'énoncer, examinons de nouveau les effets qui ont lieu à chaque élévation du piston, en supposant les tuyaux remplis d'eau depuis la surface du puisard ou réservoir inférieur jusqu'au dégorgeoir.

43. On ne peut élever le piston sans qu'il ne se forme un

vide sous lui ; ainsi donc le piston doit vaincre la pression atmosphérique, c'est-à-dire, il doit surmonter une résistance équivalente au poids d'une colonne d'eau dont la base est celle du piston même, et la hauteur 32 pieds. Le vide que le piston, en s'élevant, laisse derrière lui, permet à la pression atmosphérique qui s'exerce sur l'eau du puisard, de faire monter dans l'intérieur de la pompe une colonne d'eau avec une force capable de l'élever à 32 pieds. Supposons maintenant que la distance entre le piston et la surface de l'eau du puisard ne soit que de 16 pieds; il est clair que la colonne d'eau ascendante étant arrivée au piston, n'a épuisé que la moitié de la force qui la sollicite à monter jusqu'à 32 pieds; il lui reste une autre moitié de force, qu'elle emploie à repousser le piston, de manière que ce piston se trouve placé entre deux forces directement opposées, dont l'une agit sur la face supérieure du piston, et le pousse du haut en bas avec une force équivalente à une colonne d'eau haute de 32 pieds, et l'autre agit sur la face inférieure pour le repousser du bas en haut avec une force équivalente à une colonne d'eau haute de 16 pieds : ainsi, la puissance qui soulève le piston doit vaincre une force égale à la différence des deux dont nous venons de parler, c'est-à-dire, équivalente au poids d'une colonne d'eau ayant pour base la base même du piston, et pour hauteur la distance entre la superficie de l'eau du puisard et le point le plus élevé de la course du piston, indépendamment du poids de l'eau dont le piston est chargé. Par un raisonnement analogue, on prouve que cette proposition a lieu dans tous les cas où la hauteur de la pompe est moindre de 32 pieds.

Dans la descente du piston, la puissance motrice n'a à surmonter que les frottemens et autres petites résistances passives analogues, de sorte que dans une pompe qui aurait tous les degrés de perfection désirables, le seul poids de ce pis-

ton et de son attirail devrait suffire pour le faire descendre.

44. Il est des cas où dans une pompe aspirante, l'eau refuse de monter, quoique la pompe ait moins de 32 pieds de hauteur; pour que ces cas aient lieu, il faut que la vitesse du piston, en montant, soit plus grande que celle de l'eau qui s'élève dans le corps de pompe, car alors l'eau ne pouvant suivre immédiatement le piston dans sa marche, il doit nécessairement exister un vide entre l'un et l'autre, et ce vide augmentant à chaque aspiration, il en résultera qu'après un certain nombre d'aspirations, il sera si grand que le piston dans sa descente ne pourra plus atteindre la colonne d'eau, et le travail de la pompe sera arrêté.

45. Pour éviter cet inconvénient, il faut: 1°. ne donner au piston qu'une vitesse modérée; 2°. ne pas trop rétrécir le tuyau d'aspiration, car s'il est trop étroit, l'eau montant avec moins d'abondance, mettra plus de temps à remplir le corps de pompe, abandonnera plus promptement le piston, par conséquent laissera un plus grand vide entre eux; 3°. placer la soupape du tuyau d'aspiration de manière que le piston, en descendant, s'en approche immédiatement, laissant entre eux le moindre vide possible. On ne peut éviter totalement ce vide, parce que le trou dont le piston est percé en fait naître indispensablement un dans lequel l'air que l'on veut évacuer se condense toutes les fois que le piston descend; il faut surtout prendre garde de ne pas l'augmenter en faisant déborder en dessous la bande de cuir.

46. Il est des cas où le tuyau d'aspiration, n'étant pas droit, rampe le long d'un plan incliné ou va en serpentant; dans tous ces cas sa hauteur ne doit être considérée que par celle du piston au-dessus des basses eaux; et lorsqu'elle sera moindre de 32 pieds, l'eau montera de même que si le tuyau était droit, avec cette

différence que pour mettre en action la machine, on mettra plus de temps à expulser l'air.

Pompe foulante simple, Pl. V, fig. 2 et 7.

47. Dans la pompe aspirante que nous venons de décrire, le corps de pompe, la soupape d'ascension, le piston, sont placés à une certaine hauteur au-dessus du niveau de l'eau dans laquelle est plongé le bout d'un tuyau d'aspiration; dans la pompe foulante, au contraire, le corps de pompe, la soupape et le piston sont immergés, et l'eau monte par refoulement le long d'un tuyau placé au-dessus de tous ces objets. La pompe aspirante ne peut élever l'eau qu'à une hauteur moindre de 32 pieds; la pompe foulante est douée de la propriété de l'élever à une hauteur indéterminée. On distingue deux sortes de pompes foulantes simples: 1°. à piston foré; 2°. à piston plein.

Pompe foulante simple à piston foré, Pl. V, fig. 2.

48. Dans cette pompe, le piston agit de bas en haut; sa forme est la même que celle du piston de la pompe aspirante (35); mais sa tige est adaptée à un châssis de fer *a a*. Le corps de pompe *a* est uni à un tuyau montant *b d* à l'aide de brides et de vis: ce tuyau est composé de deux pièces, la première *b*, est contournée de manière à ne point faire obstacle au mouvement du châssis de fer *a a*, et la seconde *d*, dont la grosseur est uniforme, conduit l'eau à l'endroit où l'on veut l'élever. La soupape d'ascension *x* est placée à la jonction du corps de pompe et du tuyau montant. Quelquefois, le corps de pompe est de deux pièces, afin d'évaser celle d'en bas, pour faciliter l'entrée du piston, et donner plus d'aisance à l'eau de monter; mais ordinairement on le fait tout d'une pièce, et on se contente d'en évaser la partie inférieure dans l'épaisseur du métal.

49. On peut considérer cette pompe comme un vase à fond mobile, le piston est ce fond; si on l'élève, l'eau contenue dans le corps de pompe doit nécessairement le suivre et monter avec lui; si on l'abaisse, l'eau élevée ne peut descendre, parce que, par son poids, elle presse la soupape x et l'arrête; mais la soupape du piston s'ouvre à cause de la résistance que l'eau lui oppose en descendant, cette eau vient se loger au-dessus du piston et remplit l'espace qu'occupait l'eau élevée par sa première ascension. Lorsque le piston remonte il élève une seconde portion d'eau, et, après quelques autres ascensions, l'eau parvient au point le plus élevé du tuyau montant et se dégorge.

50. L'effort exercé par la puissance motrice dans cette pompe, en faisant abstraction de toutes les résistances passives, est équivalent au poids d'une colonne d'eau ayant pour base, la base même du piston, et pour hauteur, la distance entre la surface de l'eau du puisard et le point le plus élevé où elle parvient; cet effort est le même quels que soient la forme et le diamètre du tuyau montant, parce que l'hydrostatique démontre que la charge qu'éprouve un vase quelconque rempli d'eau dépend uniquement de la hauteur de l'eau, et nullement de la forme ni des dimensions du vase.

51. Il est important dans une pompe foulante, que la différence de diamètre entre le tuyau montant et le corps de pompe soit le moindre possible, et que les soupapes, soit d'ascension, soit du piston, laissent la plus grande ouverture.

Pompe foulante simple à piston plein, Pl. V, fig. 7.

52. Le piston de cette pompe qui n'a ni soupape, ni ouverture, se meut du haut en bas; le tuyau montant b n'est pas placé au-dessus du corps de pompe mais à côté; un petit tuyau horizontal a les réunit. La soupape d'ascension se trouve à l'entrée du

tuyau montant. Cette pompe, comme la précédente, a le corps de pompe, le piston et la soupape d'ascension submergés; comme la précédente, elle fait éprouver à la puissance une résistance équivalente au poids d'une colonne d'eau qui a pour base le piston, et pour hauteur la distance verticale du point le plus élevé où l'eau doit être refoulée, au niveau de l'eau du puisard.

53. Lorsque le piston descend, une soupape placée dans la partie inférieure du corps de pompe se ferme, et la soupape d'ascension s'ouvre, alors l'eau que le piston chasse est obligée d'entrer et de monter dans le tuyau *b*; quand le piston remonte, la soupape d'ascension se ferme, étant repoussée par la colonne d'eau contenue dans le tuyau montant; l'autre soupape au contraire s'ouvre, et l'eau entre dans le corps de pompe, et remplit le vide laissé par le piston en montant; et ainsi de suite.

Pompe aspirante-foulante, Pl. V, fig. 3.

54. Les seules différences qui distinguent cette pompe de la précédente sont: 1°. le canal d'aspiration *d*; 2°. la position du corps de pompe, des soupapes et du piston hors de l'eau. Le piston de cette pompe est massif, et traversé d'une tige de fer arrêtée par deux clavettes; il ressemble à deux cônes tronqués semblables, qu'on aurait unis par leurs petites bases: chacun de ces cônes est garni d'une bande de cuir évasée en sens contraire. Le piston ne peut descendre que jusqu'au point x, car autrement il boucherait l'entrée du tuyau montant.

55. Le tuyau montant est fait de trois pièces: la première *a* est supposée avoir été coulée avec le corps de pompe; la seconde *b* sert à former le coude que ce tuyau doit avoir; la troisième *c* fait monter l'eau au réservoir: à l'endroit de jonction *l l* est une soupape pendante *m*, en forme de clapet qui s'ouvre et se

ferme alternativement avec la soupape *p* qui est au fond du corps de pompe: la première retient l'eau qui est passée dans le tuyau montant.

56. Si, pour mettre en action la machine on élève le piston, on forme un vide au-dessous, la pression atmosphérique ferme la soupape *m*, et la force expansive de l'air contenu dans le tuyau d'aspiration ouvre la soupape *p*. Cet air occupant un plus grand espace, n'a plus assez de force pour contrebalancer la pression de l'air extérieur sur l'eau du puisard, conséquemment cette pression fait monter l'eau à une certaine hauteur dans le tuyau d'aspiration: si l'on abaisse ensuite le piston, cet abaissement foule l'air qui se trouve entre ce piston et les deux soupapes, ferme celle du tuyau d'aspiration et ouvre l'autre; après un certain nombre de coups l'eau arrive dans le corps de pompe, mais le vide ne se fait jamais parfaitement au-dessous du piston, à cause de l'espace existant entre le point le plus bas de sa course et la soupape *p*, où une certaine quantité d'air séjourne toujours.

57. Quand l'eau est parvenue à cette hauteur, la descente du piston refoule une partie de l'eau contenue dans le corps de pompe et l'oblige à entrer dans le tuyau montant; l'ascension de ce même piston produit un vide qui est sur-le-champ rempli par l'eau qui monte dans le tuyau d'aspiration; une seconde descente chasse cette eau dans le tuyau montant jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à son sommet, alors une portion de cette eau dégorge à chaque descente du piston.

58. Dans ces sortes de pompes, il faut prendre garde de régler si bien la levée du piston, qu'il ne bouche jamais tout-à-fait en refoulant, l'entrée du tuyau montant, parce qu'il pourrait arriver, s'il n'y avait plus d'air entre les deux, que le piston touchant la soupape *p*, aurait à surmonter, en montant, le poids entier

de la pression atmosphérique. De là vient (comme l'a très-bien remarqué *Bélidor*), qu'une pompe cesse quelquefois tout à coup d'agir sans qu'on puisse en deviner la cause, et on démonte plusieurs fois la machine sans connaître le défaut qu'il s'agit de corriger.

59. Dans cette pompe, lorsque le piston monte, la puissance doit surmonter un effort équivalent au poids d'une colonne d'eau qui aurait pour base le piston et pour hauteur la distance entre le point le plus élevé de la course du piston et le niveau de l'eau dans le puisard. Car alors le piston aspire comme dans une pompe aspirante simple; et son action ne se fait sentir que dans le tuyau d'aspiration et dans la partie du corps de pompe qui se trouve sous sa surface inférieure, le tuyau montant est alors bouché par la soupape *m*.

60. Quand le piston descend, la soupape *p* bouche le tuyau d'aspiration, et il ne fait autre chose que refouler l'eau dans le tuyau montant, de la même manière que celui d'une pompe foulante simple; il en résulte que dans cette descente la puissance doit surmonter le poids d'une colonne d'eau qui aurait pour base le piston, et pour hauteur la distance verticale entre la soupape *p* et le point le plus haut où l'eau parvient dans le tuyau montant. Dans la descente le poids du piston et de son équipage aide la puissance, le contraire a lieu dans l'ascension: ce poids devient un surcroît de résistance que la puissance doit vaincre.

61. Une bonne pompe aspirante-foulante devrait être combinée de manière que les efforts de la puissance fussent égaux dans les deux actions; mais comme il arrive très-rarement qu'elle ait cette propriété, on a adopté l'usage de faire mouvoir deux pompes par un même équipage, en les disposant de manière que l'une refoule tandis que l'autre aspire.

Pompe aspirante-foulante simple de *Parent*.

62. Nous avons indiqué (56) l'inconvénient qu'a la pompe aspirante et foulante ordinaire de laisser un vide entre le point le plus bas de la descente du piston et la soupape du tuyau d'ascension; *Parent* a cherché les moyens d'y remédier, et il a disposé sa pompe de la manière suivante : Le tuyau d'aspiration, le corps de pompe, et le tuyau montant, sont superposés sur un seul axe vertical, le piston est à soupape; dans cette pompe le piston peut effectivement descendre jusqu'à la soupape d'ascension; mais cet avantage est compensé par les inconvéniens suivans. 1°. Il n'est guère possible d'élever l'eau avec cette pompe à une hauteur considérable, à cause de la longueur excessive qu'il faudrait donner à la tige du piston, qui surchargerait sa puissance d'un poids inutile. 2°. Toutes les fois qu'il faudra réparer la soupape d'ascension, ou renouveler les rondelles de cuir qui se trouvent dans les jonctions des tuyaux, il faudra démonter entièrement le tuyau montant.

Pompe aspirante-foulante de *Bélidor*.

63. Dans cette pompe qui paraît préférable à la précédente, et qui a la même propriété d'éviter le vide entre le piston et la soupape d'ascension, le tuyau montant, au lieu d'être placé au bas du corps de pompe, comme dans la pompe aspirante-foulante ordinaire, est, au contraire, uni à la partie la plus élevée de ce corps de pompe. Le piston est foré, et, pour qu'il rétrécisse le moins possible le passage à l'eau, *Bélidor* a proposé de le faire en métal et d'adapter à sa partie supérieure deux clapets à charnière. Le corps de pompe est couvert par une plaque de fonte, dans le milieu de laquelle est un collet de même métal à travers lequel passe la verge du piston. Cette verge traverse plu-

sieurs rondelles de cuir couvertes d'un anneau et serrées par des vis.

64. La difficulté de fermer l'issue à l'eau par le trou de la verge du piston, sans augmenter considérablement le frottement, est un inconvénient grave qui diminue la bonté de cette pompe. Elle jouit du précieux avantage d'avoir, lorsqu'elle est activée, son piston entre deux eaux, ce qui empêche que l'air ne s'introduise par le piston dans le corps de pompe, comme il arrive assez souvent dans les pompes ordinaires.

Pompe aspirante-foulante dont le piston agit de bas en haut, Pl. V, fig. 8.

65. Le corps de pompe *a* est ouvert par en bas, le tuyau d'aspiration lui est uni vers le haut, et la soupape d'aspiration est placée à l'endroit de la jonction *c*; le tuyau montant *d* est placé immédiatement au-dessus du corps de pompe, et il est un peu recourbé pour laisser un libre mouvement au châssis de fer auquel le piston est adapté. La pompe ordinaire est d'une construction plus facile, moins compliquée et conséquemment préférable dans la plupart des cas.

Pompe aspirante-foulante de l'ancienne machine de Marly, Pl. V, fig. 6.

66. Le corps de pompe *a* et le tuyau montant *b* s'élèvent perpendiculairement sur un tuyau horizontal *d*, à l'extrémité duquel est adapté le tuyau aspirateur *c*; la soupape d'aspiration se trouve à la jonction *m*, et la soupape d'ascension à la jonction *p*. Le piston est plein et parfaitement cylindrique.

67. On a dû remarquer que dans toutes les pompes que nous venons de décrire, l'eau ne peut se dégorger au sommet du tuyau montant que par intervalle, c'est-à-dire pendant l'un des deux mouvemens du piston. Ainsi les pompes aspirantes simples ne versent l'eau que lorsque les pistons montent, et l'écoulement

cesse quand il descend; de même les pompes foulantes, et aspirantes-foulantes dont le piston agit de bas en haut; celles au contraire où le piston agit du haut en bas, produisent l'écoulement quand le piston descend. Pour remédier à cet inconvénient, et en même temps pour rendre égal l'effort exercé par la puissance sur le piston dans ces deux mouvemens, on a imaginé divers procédés, qui tous se rattachent aux trois méthodes suivantes qui consistent 1°. à adapter un récipient d'air aux pompes; 2°. à réunir deux ou trois corps de pompes à un tuyau montant commun; 3°. à faire mouvoir deux pistons dans un même corps de pompe.

Récipient d'air adapté aux pompes, Pl. V, fig. 8.

68. Le corps de pompe *a* est uni à un récipient de cuivre *b* de figure cylindrique, couvert d'une calotte *y* en forme de demi-sphère. Ce récipient est fermé par une soupape à clapet *x* placée sur le fond qui communique avec le corps de pompe. Le tuyau d'aspiration *p* répond au corps de pompe, et le tuyau *f* au tuyau montant, l'un et l'autre ont une soupape comme à l'ordinaire; le piston massif joue de bas en haut à l'aide d'un châssis de fer, que la figure n'indique pas.

69. Lorsqu'après un certain nombre de coups de piston, l'eau est parvenue à remplir le tuyau d'aspiration et le corps de pompe, voici ce qui arrive: toutes les fois que l'on fait monter le piston, l'eau entre dans le récipient et y comprime l'air qui y est contenu : tandis que cet effet a lieu, une partie de l'eau introduite, passe dans le tuyau montant; quand le piston descend, la soupape du récipient se ferme, l'air comprimé exerce sa force expansive, repousse l'eau du récipient et la chasse dans le tuyau montant. Ainsi, à chaque refoulement, il n'y a qu'une partie de l'eau élevée par le piston qui passe dans le tuyau montant, l'au-

tre reste en réserve pour y entrer ensuite pendant l'aspiration, en vertu du ressort de l'air comprimé dans le récipient. Pour que cet effet ait lieu, il faut que l'ouverture par où l'eau s'introduit dans le récipient, soit plus grande que celle qui conduit au tuyau montant; car il faut que le piston, en remontant, refoule deux fois autant d'eau qu'il en peut passer, dans le même temps, dans le tuyau montant, et qu'il ait une surface au moins double de ce tuyau. Avec une pompe à réservoir d'air, une même puissance ne pourra pas fournir plus d'eau qu'avec une pompe ordinaire; la seule différence qu'il y a entre les effets de l'une et de l'autre, c'est que la même quantité d'eau est, dans la première, versée avec continuité, et dans l'autre, avec intermittence. Le récipient d'air est utile toutes les fois que l'on a une force motrice considérable à sa disposition, et que l'on désire en obtenir un travail très-actif. Tel est le cas des pompes à incendie, dont nous parlerons dans le second livre.

70. Le récipient d'air donne un écoulement continu mais non pas uniforme; car il est évident que le ressort de l'air a toute sa vigueur, et produit le plus grand effet lorsqu'il commence à exercer sa pression sur l'eau du récipient, et que, à mesure que celle-ci s'introduit dans le tuyau montant, elle lui cède de la place, lui permet de se dilater de plus en plus, épuise sa force, et la quantité d'eau refoulée doit diminuer à chaque instant. Cette variabilité dans l'écoulement est d'autant plus sensible que les coups de piston sont lents.

On peut adapter des récipiens d'air à toutes les variétés de pompes soit aspirantes, soit foulantes, et leur donner des formes et des dispositions différentes suivant la nature des machines auxquelles ces récipiens sont adaptés.

Réunion de plusieurs corps de pompe à un seul tuyau montant.

71. La figure 4 (Pl. V) représente une pompe foulante où deux corps de pompe *a* et *b* sont unis par des brides à un tuyau à deux ouvertures *c*, auquel on donne vulgairement le nom de *culotte*. Le tuyau montant *d* est appuyé à la partie supérieure de la culotte. Deux pistons *e* et *f* se meuvent alternativement dans les corps de pompe; tandis que l'un aspire, l'autre refoule, et l'eau ne cesse de monter.

72. Dans la pompe que nous venons de décrire, les corps de pompe sont parallèles; et dans celles indiquées fig. 5, les corps de pompe sont superposés l'un à l'autre, ou, pour mieux dire, ils sont formés d'un seul tuyau ouvert aux deux extrémités et séparés en deux parties égales par une cloison ou diaphragme. Deux pistons *a* et *b*, réunis par un châssis de fer, se meuvent simultanément dans les deux parties *c* et *d*. Ces deux parties aboutissent à une même branche *f*, à laquelle ils communiquent par deux trous *m* et *n*. (La figure 9 représente une coupe verticale faite à la branche *f* qui est elliptique et où l'on voit les deux trous *m* et *n*). Ces deux trous s'ouvrent et se ferment alternativement par une seule soupape qui leur est commune; elle a la forme d'un prisme triangulaire, et elle tourne autour d'une de ses arêtes à l'aide d'une charnière, entre les deux trous, où est son centre de mouvement; elle est en cuivre, on la fait massive ou creuse selon sa grandeur.

73. Les deux pistons agissent dans un sens opposé, car, si l'on suppose les corps de pompe submergés, l'on verra que, quand le châssis monte, la soupape du piston *a* s'ouvre et l'eau entre dans son corps de pompe; en même temps celle du piston *b* se ferme; ainsi, ce dernier refoule l'eau, et ouvre le trou *n* pour que l'eau entre dans le corps de pompe. Lorsque le châssis

descend, le piston *b* refoule à son tour; alors la soupape prismatique étant repoussée par l'eau que ce piston comprime, tourne sur son axe, ouvre le trou *m* et ferme le trou *n*: d'un autre côté, il entre, dans le corps de pompe, de nouvelle eau pour remplacer le vide que laisse la descente du piston. Ainsi, par l'action des deux pistons l'eau monte et s'écoule sans interruption.

Pompe aspirante-foulante à deux corps de pompe réunis par une bâche, Pl. VI, f. 7, 8.

74. Cette pompe dont on voit un exemple dans la machine du pont Notre-Dame à Paris, est composée : 1°. de trois pompes aspirantes simples *a a a* dont la partie supérieure est enclavée dans le fond d'une bâche *b*; 2°. de trois corps de pompe à refoulement qui s'élèvent verticalement au-dessus de la même bâche où ils plongent; 3°. d'un tuyau montant qui réunit ces trois corps de pompe. Six pistons réunis deux à deux, à un châssis de fer, montent et descendent alternativement dans tous les corps de pompe.

75. La bâche doit être doublée en plomb; elle produit plusieurs effets utiles; l'eau dont elle est remplie entretient toujours les cuirs humectés; et, quand on a quelques opérations à faire, on met les pompes à découvert pour les démonter sans toucher au tuyau d'aspiration; on a d'ailleurs la liberté de rendre l'aspiration aussi petite que l'on veut, puisqu'il suffit que le fond de la bâche soit élevé de quelques pieds au-dessus de la surface des plus grandes eaux.

76. Lorsque l'on se sert de pompes foulantes plongées dans une rivière, on place ordinairement dans le fond une bâche, de manière que ses bords surmontent la surface de l'eau. Cette disposition est moins commode que la précédente; on est assujetti à pomper l'eau qu'elle contient, quand on veut visiter la

pompe; et dans le temps des grandes eaux, pouvant être submergée, alors il faut les retirer toutes les fois que l'on doit renouveler les cuirs ou nettoyer les soupapes et les pistons; ce qui souvent ne peut se faire sans beaucoup d'embarras et de perte de temps.

Pompe de M. *Trevictick*, Pl. VII, fig. 1.

77. A une pompe aspirante ordinaire *a b*, est adapté un tuyau additionnel *c*. Un piston à clapet agit dans le tuyau *a*, en même temps qu'un piston plein agit également dans le tuyau *c*; les tiges de ces deux pistons sont réunies entre elles par un étrier de fer *d*.

78. Lorsque les deux pistons s'élèvent, la pression atmosphérique remplit comme à l'ordinaire l'espace au-dessous, et en même temps la colonne supérieure d'eau s'écoule par le tuyau de décharge *e*. Lorsque les deux pistons descendent ensemble, le clapet *f* se ferme, et l'eau refoulée par le piston solide *c* remonte en passant à travers le tuyau de décharge *e*, comme il s'était fait auparavant par le coup montant.

Pompes à deux pistons qui se meuvent en sens contraire dans un même tuyau.

Pompe double de M. *Charpentier*, Pl. VIII, fig. 1.

79. Voici l'extrait du rapport fait à l'Académie le 28 novembre 1781.

» La pompe aspirante que l'auteur propose pour les vaisseaux est composée, comme les pompes ordinaires, d'un tuyau d'aspiration et d'un corps de pompe garni à son fond d'une soupape; mais, en dedans de ce corps de pompe qui est fixe, se trouve un autre corps de pompe mobile, que l'auteur fait en

cuivre pour pouvoir lui donner peu d'épaisseur, et dont le diamètre extérieur est plus petit de quelques lignes que le diamètre intérieur du premier corps, afin qu'il puisse facilement se mouvoir dans le sens de sa longueur. Le corps intérieur, qui est aussi percé par son fond, est garni d'une soupape qui permet à l'eau de monter, et tient immédiatement par le bas à un piston percé; en sorte que, lorsqu'on le fait jouer par le moyen d'une tige qui est assemblée dans son bord supérieur, il fait précisément l'effet du piston d'une pompe aspirante ordinaire.

80. » Au dedans du corps mobile se trouve un autre piston garni d'une soupape et mû par une tige particulière; cette tige et celle du corps de pompe mobile sont assemblées à charnière de part et d'autre du point d'appui d'un levier horizontal; de manière que lorsqu'on fait jouer ce levier, les deux tiges se meuvent en sens contraire, c'est-à-dire, que, pendant que le corps de pompe mobile descend dans le corps qui est fixe et se remplit de l'eau qui passe par le trou qui est à son fond, le piston monte dans le même corps, et soulève l'eau qui est déjà passée par-dessus la soupape; et réciproquement, lorsque le corps monte et élève l'eau qu'il contient, le piston descend, et, en comprimant l'eau contre le fond du corps mobile, l'oblige de passer par-dessus la soupape.

81. » On doit voir, d'après cette description, que l'eau n'est presque jamais stationnaire dans le tuyau d'aspiration, car elle doit monter dans ce tuyau pendant que le corps de pompe mobile monte, puisque ce corps fait l'office du piston d'une pompe aspirante ordinaire. Elle doit monter aussi pendant que le corps mobile descend, parce que, dans le même temps, le piston qui est dans le corps monte avec la même vitesse, et qu'à peu près la moitié de l'espace compris entre le fond du

corps mobile serait vide, si la pression de l'atmosphère n'obligeait pas l'eau du tuyau d'aspiration à aller le remplir; ainsi, le mouvement de l'eau dans ce tuyau étant presque continuel, la soupape qui est au fond du corps de pompe fixe est, pour ainsi dire, sans fonctions; mais M. *Charpentier* la laisse subsister pour plus grande sûreté; de plus les soupapes du corps de pompe mobile et du piston étant alternativement fermées pendant la moitié du temps, il faut que l'eau, en passant par leurs orifices, contracte une vitesse plus que double de celle avec laquelle elle monte constamment dans le tuyau d'aspiration.

82. » Si l'on compare la pompe de M. *Charpentier* à la pompe aspirante ordinaire, il est certain que, tout étant égal de part et d'autre quant au produit, c'est-à-dire, que les diamètres, la quantité d'eau élevée et la hauteur à laquelle on la porte, étant les mêmes dans les deux cas, la vitesse que prend l'eau dans le tuyau d'aspiration de la pompe ordinaire, doit être à peu près double de celle qu'elle prendra dans le tuyau d'aspiration de M. *Charpentier*, parce que dans la pompe ordinaire le mouvement de l'eau est intermittent, et dans celle que présente l'auteur, ce mouvement est continu; les résistances qui dépendent de la vitesse de l'eau dans les tuyaux d'aspiration et dans les tuyaux de conduite, doivent donc être plus considérables dans la pompe ordinaire que dans celle de M. *Charpentier:* ainsi les changemens que l'auteur propose nous paraissent, à cet égard, avantageux et favorables à la force motrice.

83. » Mais, d'un autre côté, une pompe aspirante ordinaire qui serait de même produit, n'aurait qu'un seul piston, et n'éprouverait de la part du frottement de ce piston et de l'étranglement qu'il forme qu'une résistance simple, tandis que dans la pompe de l'auteur, où il y a deux pistons, la résistance due

aux mêmes causes sera double; de plus, le poids du corps de pompe mobile, qu'il faut soulever à chaque excursion, est encore un obstacle que dans les mêmes circonstances on n'aurait pas à vaincre avec la pompe aspirante ordinaire.

84. » Reste à savoir si ces inconvéniens sont plus que compensés par la continuité du mouvement dans le tuyau d'aspiration, question qu'il est très-difficile de résoudre à la rigueur, parce que de tous les effets, les uns ne sont pas de nature à pouvoir être exactement mesurés, d'autres dépendent de la longueur des tuyaux, d'autres enfin tiennent au degré de perfection qu'on aura apporté dans la fabrication de la machine.

» Il serait peut-être aussi peu certain de consulter l'expérience sur cet objet, surtout si l'on employait des moteurs animés, dont la force n'est pas assez constante pour que les différences observées dans les produits pussent être uniquement imputées aux différentes constructions des machines. Notre opinion à cet égard est que la machine présentée par M. *Charpentier* ne paraît être préférable à la pompe ordinaire que dans le cas où les tuyaux de conduite seraient très-longs, et où d'ailleurs le local ne permettrait pas d'employer deux corps de pompe. »

85. »L'auteur a aussi présenté à l'Académie une autre pompe à incendie composée de la même manière, c'est-à-dire, d'un corps de pompe fixe, d'un second corps mobile dans l'intérieur du premier, et d'un piston. (Voyez pl. VIII, fig. 3.)

» La composition de cette machine ne diffère de celle de la pompe que nous venons de décrire, que par le sens dans lequel se meuvent les soupapes du corps mobile et du piston. Le corps de pompe fixe communique par son fond, qui est dans la partie supérieure, à un réservoir d'air destiné à entretenir la continuité du jet, et les tiges de la pompe mobile et du piston entrent dans le corps extérieur par-dessous.

86. » Nous ne croyons pas que cette pompe ait aucun avantage sur la pompe à incendie ordinaire, dont les deux corps et le réservoir d'air communiquent à l'eau un mouvement continu dans les tuyaux de conduite.

87. » Nous concluons que les changemens que M. *Charpentier* propose de faire à la pompe aspirante sont ingénieux, qu'ils sont, à certains égards, favorables à la force motrice; qu'ils comportent à la vérité quelques légers inconvéniens qui, dans les cas ordinaires, peuvent en contre balancer les avantages; mais que cependant, tout compensé, il nous paraît qu'ils méritent l'approbation de l'Académie. »

Pompe double de M. *Marknoble*, Pl. VIII, fig. 2.

88. La pompe de M. *Marknoble* consiste principalement en deux pistons qui se meuvent l'un au-dessus de l'autre, et en sens contraire dans le même cylindre; tous deux sont percés et garnis de soupapes. La tige du piston inférieur traverse la base du piston supérieur; l'un monte, quand l'autre descend. On leur communique aisément ce mouvement alternatif opposé, à l'aide d'une manivelle double ou par tout autre moyen.

89. Cette disposition rend l'eau continuellement ascendante, et la soupape dormante, qui est ordinairement placée au haut du tuyau d'aspiration, est toujours ouverte pendant que la pompe est en action. Cette soupape ne sert ici que pour contenir l'eau dans les tuyaux, lorsque les pompes suspendent leur travail.

90. La colonne d'eau se meut donc ainsi en ligne droite sans suivre aucun coude ni aucune sinuosité, sans éprouver aucune interruption, depuis la surface de l'eau du réservoir jusqu'au dégorgeoir supérieur de la pompe; et l'on économise par ce moyen une partie considérable de la force motrice qu'il faut

employer nécessairement dans les pompes ordinaires, soit pour vaincre le frottement dans les coudes et les branches des tuyaux, soit pour vaincre son inertie à chaque coup de piston, quand on veut forcer la colonne d'eau à passer du repos au mouvement.

91. La figure 2 (Pl. VIII) représente deux pompes accolées disposées suivant la méthode de *Marknoble*. — A A, cylindres ou corps de pompe. — B B soupapes dormantes. — C C C C, pistons. — D D D D, anneaux placés sur les clapets de chaque piston, pour les ouvrir à l'aide d'un crochet, et tirer les pistons plus facilement quand on veut les visiter. — E E, tiges cylindriques auxquelles sont attachés les deux pistons inférieurs et qui passent dans un trou pratiqué dans les pistons supérieurs, au pied des tiges F F qui doivent être fixées au milieu des pistons supérieurs. — G G G G, barres courbes, percées d'un trou dans leur milieu.

Pompes à pistons tournans.

92. Dans toutes les pompes que nous venons de décrire, le mouvement du piston est vertical-rectiligne alternatif. Des mécaniciens ont, en divers temps, imaginé des pompes aspirantes, foulantes, et aspirantes-foulantes, où l'organe qui tient lieu de piston a un mouvement de rotation continu ou alternatif. Quoique la plupart de ces inventions soient plus curieuses qu'utiles, nous ne pouvons néanmoins nous dispenser d'en indiquer brièvement les principales.

Pompe aspirante et foulante à corps de pompe circulaire, par *Ramelli*, Pl. IX, f. 10.

93. Au corps de pompe circulaire *a a* sont adaptés deux tuyaux *b b* et deux tuyaux montans *c c*. Les premiers et le corps de pompe se trouvent dans le même plan vertical; les derniers s'en éloignent par un coude qu'ils font avant de s'éle-

ver. Les deux pistons x, y sont réunis par une tige qui forme la circonférence d'un cercle interrompu dans la partie inférieure entre les pistons. Cette tige circulaire porte une denture en fer qui engrène avec une vis sans-fin.

94. Le moteur agit sur l'axe de la vis sans fin par l'intermédiaire d'une manivelle ou d'un autre organe, et il lui communique un mouvement de rotation alternatif, de sorte que, quand il fait tourner l'engrenage dans un sens, l'un des pistons monte et l'autre descend : le premier aspire, le second refoule.

Pompe aspirante à piston rotatif, Pl. IX, fig. 3.

95. On trouve dans le recueil de *Vittoria Zonca* une pompe construite ainsi qu'il suit : a est un tuyau d'aspiration ordinaire muni de sa soupape ; au-dessus de ce tuyau est une caisse exactement close, dans laquelle se trouve un plateau mobile. Ce plateau est soutenu par un axe tournant dont un des tourillons correspond au point b; une tige c est attachée au-dessus de ce plateau, et traverse le couvercle de la caisse.

96. Toutes les fois que l'on élève la tige, le plateau tourne en décrivant un arc de cercle par son extrémité x, et il aspire en augmentant l'espace contenu au-dessous où il se forme un vide, comme lorsqu'on élève le piston d'une pompe aspirante ordinaire. Quand la tige s'abaisse, le plateau tourne en sens contraire et refoule l'eau que l'aspiration avait élevée.

97. Cette pompe et toutes celles qui sont construites sur le même principe sont très-défectueuses. On sait que dans une pompe aspirante quelconque la puissance doit surmonter une résistance équivalente au poids d'un colonne d'eau qui aurait pour base la surface supérieure du piston, et pour hauteur la distance entre le niveau de l'eau du puisard et le point où elle

se dégorge. Or, il est évident que plus la surface du piston est grande, plus l'effort à vaincre est considérable ; ici cette surface est excessive, conséquemment la résistance sera très-grande en comparaison du produit.

98. Les figures 7, 8, 9 représentent une pompe foulante construite à l'instar de la précédente et qui a les mêmes défauts. Un balancier *a a* ayant son centre de rotation en *x*, est mû par des hommes qui tirent alternativement au moyen de cordes attachées à ses extrémités; au balancier sont fixées les tiges de deux châssis en fer qui correspondent au-dessous du plateau tournant; ainsi les oscillations du balancier *a a* mettent en mouvement les plateaux, de sorte que l'un aspire lorsque l'autre refoule. Chacun des plateaux est percé de trois trous couverts de soupapes à clapet.

Pompes foulantes à rotation horizontale alternative.

99. La figure 4 (Pl. IX) représente la coupe d'un corps de pompe divisé en quatre parties égales par les cloisons *a b c d*; un axe vertical tourne au milieu du cylindre; à cet axe sont adaptées quatre palettes *e f g h*; les cloisons sont disposées de manière à ne pas empêcher l'action des palettes qui par un mouvement alternatif circulaire, vont d'une cloison à l'autre. Ainsi, quand on fera tourner l'axe dans un sens, la palette *e* s'approchera de la cloison *a*, et s'éloignera de *b*; le contraire aura lieu lorsque l'on fera tourner l'axe en sens contraire: il en est de même des autres palettes; les trous *m n o p q r s t* correspondent à autant de tuyaux montans; les trous *x y* servent à introduire l'eau dans le corps de pompe. Par cette disposition, chaque palette aspire d'un côté et refoule de l'autre. Cette machine est encore plus défectueuse que les précédentes; car, d'un côté, les palettes sont excessivement grandes

par rapport aux ouvertures des tuyaux, et d'un autre côté, la machine est d'une exécution difficile et compliquée. La fig. 2 représente une pompe construite d'après le même principe, mais plus simple; l'axe est creux et contient dans son intérieur le tuyau montant; le corps de pompe porte deux cloisons, et deux palettes; ces palettes aspirent et refoulent à peu près de la même manière que dans la pompe précédente. Ces machines n'étant point susceptibles d'être employées avec avantage, une plus longue description serait superflue. On en trouve plusieurs variétés dans le livre de *Ramelli* et dans plusieurs autres anciens recueils de machines.

Pompe aspirante-foulante à rotation continue, Pl. IX, fig. 1.

100. Un axe horizontal *a* porte six palettes et tourne dans le corps de pompe *b b* auquel sont adaptés le tuyau aspirateur *c* et le tuyau montant *d*; chacun de ces tuyaux a une soupape. Les palettes en tournant, forment, par rapport au tuyau *c*, un vide ou aspiration, et un refoulement par rapport au tuyau *d*. Les défauts indiqués ci-dessus se reproduisent dans cette pompe.

Pompe foulante à rotation continue, Pl. IX, fig. 5.

101. On trouve cette ingénieuse invention dans le recueil de *Ramelli*; elle est moins défectueuse que les pompes précédentes, mais sa construction n'est pas sans difficultés, et n'est point à l'abri de plusieurs inconvéniens notables. Le piston tournant *b* présente trois plans inclinés *m*, *n*, *p*, sur lesquels s'appuie une espèce de vanne *x*. Cette vanne se meut dans une coulisse ou entre des rouleaux, et s'introduit dans le corps de pompe de manière qu'elle peut avoir un libre mouvement de montée et de descente, et qu'en même temps l'eau ne peut pas s'échapper par l'ouverture qu'elle traverse. C'est de cette condition difficile à obtenir que dépend la bonté de la machine, car, si l'ou-

verture est trop étroite, l'eau ne passera pas, mais il faudra employer une force considérable pour faire monter la vanne. Si, au contraire, la vanne monte aisément, le passage ne sera pas assez exactement interdit à l'eau.

102. Le mouvement ascensionel de la vanne est produit par la rotation des plans inclinés, et celui de descente par son poids même. L'office de cette vanne est de forcer l'eau que les plans poussent en montant, à entrer dans le tuyau *d*, en lui interdisant tout autre passage.

103. La figure 6 (Pl. IX) représente une autre pompe construite d'après les mêmes principes. Le piston tournant est une espèce de roue à grandes dentures; ces dentures remplissent le même objet que les plans inclinés de la machine précédente, c'est-à-dire, elles entraînent l'eau qui, se trouvant logée dans leurs cavités, ne peut plus rétrograder; quand elle est arrivée à la hauteur de la vanne, elle est obligée d'entrer dans le tuyau montant qui lui offre la seule ouverture par où elle puisse passer.

On adapte à la partie inférieure de la vanne un petit rouleau qui diminue le frottement contre les dentures.

104. Quoique cette construction entraîne de nombreuses résistances passives, qui toutes tendent à affaiblir l'effet actif de la machine et à la rendre peu productive, elle est cependant, sous ce rapport, moins défectueuse que la précédente.

Pompe aspirante à piston tournant et à axe horizontal, Pl. VII, fig. 2 et 3.

105. — A, cylindre ou corps de pompe muni de deux rebords à chaque extrémité, contre lesquels sont boulonnés les bouts ou chapeaux du corps de pompe : on place des rondelles en cuir entre les rebords et les chapeaux pour mettre le corps de pompe à l'épreuve de l'eau.

106. — B, piston tournant formé par deux ailes *a* et *b* adaptées à l'axe *c*, dans chacune desquelles se trouvent des soupapes pour le passage de l'eau. Tout autour des rebords extérieurs sont vissées des plaques de cuivre destinées à mettre les ailettes à l'épreuve de l'eau pendant l'action du refoulement de la pompe.

107. — C, séparation, dont la partie inférieure est combinée avec le cylindre: la partie supérieure est disposée de manière à embrasser exactement l'axe B du cylindre, dont le demi-diamètre est toujours apparent au-dessus des ailes du piston. Dans le rebord supérieur de cette division C est une rainure *n*. Lorsque l'axe est fixé à sa place, on remplit le rebord et la rainure *n* avec de l'étoupe et du camboui pour le mettre à l'épreuve de l'eau. Le but de cette cloison C est de partager la partie inférieure du corps de pompe au-dessous des ailettes en deux compartimens. A chaque côté de C se trouve une ouverture communiquant avec le tuyau d'aspiration G; ces ouvertures sont fermées par deux clapets D D.

108. Le célèbre *Bramah* a fait l'application de ce mécanisme à une excellente pompe à incendie que nous décrirons dans le second livre.

Pompe aspirante à piston tournant, à axe vertical et à rotation continue, Pl. VII, fig. 6, et 7.

109. — *a a*, vase elliptique de fonte avec des rebords en-dessus et en-dessous, percés de trous pour pouvoir l'assembler, par des boulons, avec le fond.

b b, cylindre ayant un mouvement de rotation dans l'intérieur du vase *a a*, contre lequel il tourne du côté de son petit diamètre.

c c, deux clapets de métal à charnière munis de ressorts et combinés avec le cylindre *b b*: ces ressorts poussent leurs extré-

mités contre les parois du vase elliptique à mesure que le cylindre *b b* fait ses révolutions : ces clapets, ainsi que le ressort, se reploient contre le cylindre dans une entaille pratiquée à cet effet, et varient ainsi de position à chaque instant. La fig. 6 (Pl. II) indique un autre pompe analogue.

Détails de construction relatifs aux pompes.

110. Les pompes, en général, contiennent deux sortes de parties mobiles, les soupapes et les pistons.

Soupapes.

111. Les soupapes sont de petites portes ayant des formes variées; elles doivent obéir aux impulsions qui les ouvrent ou les ferment, pour établir ou interdire à l'eau certains passages déterminés.

112. Une soupape suppose toujours un diaphragme ou cloison, dans lequel est pratiqué le trou que la soupape doit boucher.

Si la soupape était parfaitement construite, elle devrait remplir les conditions suivantes : 1°. permettre de pratiquer dans le diaphragme la plus grande ouverture possible; 2°. laisser entièrement libre cette ouverture lorsque le passage doit être ouvert, et le boucher exactement, quand il doit être fermé; 3°. être disposée de manière que l'introduction de petits corps étrangers, que l'eau entraîne avec elle dans la pompe, non-seulement ne puisse interrompre son libre mouvement, mais même ne puisse l'empêcher de s'exécuter complètement; 4°. être à la fois solide et d'un léger entretien.

113. Si la première condition n'est point remplie, l'eau qui doit traverser le diaphragme trouvant une issue étroite, ne pourrait passer qu'en acquérant une plus grande vitesse; or cette vitesse ne peut lui être communiquée sans un accroissement

d'efforts de la part de la force motrice ; et cet accroissement sera d'autant plus grand que le passage sera plus étroit ; ainsi la meilleure soupape sera celle qui ne retrécira aucunement le passage. Pour obtenir cet avantage important plusieurs constructeurs ont adopté la méthode de former un renflement au tuyau, immédiatement au-dessus du diaphragme, comme on le voit Pl. XI, fig. 1 ; ce moyen permet effectivement de former dans le diaphragme une ouverture dont le diamètre est égal à celui du tuyau inférieur, mais la construction de la pompe devient moins facile et plus coûteuse ; de sorte que ce moyen est plus utile dans les grandes et importantes machines, dont le travail doit être long et continu, que dans celles qui n'agissent qu'avec intermittence et n'élèvent que de petites masses d'eau.

114. On distingue quatre sortes de soupapes ; la soupape à coquille, la soupape conique, la soupape sphérique, et la soupape à clapet. Les trois premières se font en cuivre.

Soupape à coquille, Pl. X, fig. 2.

115. Le diaphragme *a a*, dans lequel est logée la soupape *b*, est formé d'une seule pièce en cuivre dans laquelle on distingue néanmoins plusieurs parties disposées en diverses places, mais toutes concentriques : 1°. la languette 1 1 est placée entre deux rondelles de cuir 2 2 et 3 3 : ces rondelles sont pressées par les vis 4 4 des brides qui joignent le tuyau inférieur au tuyau supérieur ; 2°. les plans inclinés 5 5 de la coquille ; 3°. la barre 6 6 de cette coquille : cette barre a peu de largeur et descend un peu au-dessous du plan de la languette pour donner plus de profondeur à la coquille, dont le centre est percé d'un trou dans lequel entre la tige 7 de la soupape, qui peut librement monter et descendre sans dévier : à cet effet on donne une plus grande épaisseur à la partie 8 qui entoure le trou.

On voit que la soupape *b* a la forme d'un tronc de cône renversé et creux dans son intérieur.

116. Cette soupape a plusieurs défauts:

1°. Elle s'unit quelquefois si intimement à sa coquille, qu'elle cesse de jouer ; on lit dans les *Mémoires de l'Académie Royale des sciences*, pour l'année 1703, que M. *Amontons*, ayant construit une pompe refoulante enfoncée de 6 pieds dans l'eau, fut étonné de voir que les soupapes, qui étaient de fonte, parfaitement bien faites et bien dressées sur leurs coquilles, s'arrêtaient tout à coup. Il fit démonter la pompe plusieurs fois pour voir ce qui en était la cause, mais il n'aperçut rien.

117. Si ces soupapes, qui étaient posées horizontalement dans le corps de pompe, avaient été pressées du haut en bas par le poids de l'atmosphère, on aurait pu croire qu'elles s'étaient trouvées dans le cas de deux surfaces bien polies et mouillées, appliquées l'une contre l'autre, qui ne peuvent être séparées que par l'action d'un grand effort; mais entre les soupapes et le piston il n'y avait point d'air qui pût les presser du haut en bas; au contraire, elles étaient poussées de bas en haut par l'eau que les pistons refoulaient.

118. On ne peut donc attribuer qu'à une seule cause l'adhésion des soupapes et de leurs coquilles, et cette cause consiste dans l'eau qui les mouille; il faut que les particules d'eau qui sont entrées dans les pores de chacun de ces corps, s'accrochant d'autant plus puissamment que les deux surfaces sont plus polies, chassent parfaitement l'air qui pourrait se trouver entre-deux. Ainsi c'est la multitude des particules d'eau qui contribue à la grandeur de l'effet, par la difficulté de les détacher ou de les étendre; c'est ce qui empêche d'ouvrir les soupapes.

119. 2°. La soupape à coquille diminue excessivement le passage de l'eau; car l'eau ne peut s'échapper que par l'espace en

forme de couronne (voyez la figure) qui règne entre le corps de la soupape *m m* et la surface du tuyau montant *n n ;* de sorte que elle diminue le passage de l'eau de toute la capacité dont elle occupe la place, ce qui est directement contraire à la première condition (112) d'où dépend la bonté d'une soupape.

120. Avec cette sorte de soupape, si l'on augmente l'ouverture pratiquée dans le diaphragme, l'on augmente en même temps la grandeur de la soupape et l'on retrécit le passage qu'il y a entre elle et la surface du tuyau: si on diminue l'ouverture du diaphragme le passage est également rétréci.

Soupape conique, Pl. X, fig. 3.

121. Cette soupape diffère de la précédente par sa plus grande pesanteur qui l'oblige avec plus de force à entrer dans sa coquille; elle est composée d'un cône tronqué *a*, qui se loge dans une coquille *b b* construite à peu près comme la précédente, à l'exception qu'elle est entièrement ouverte et n'a point de barre. La soupape au contraire porte au bout de sa tige fort courte, une petite barre *c c* qui la retient lorsqu'elle remonte.

122. Au-dessus du cône *a* est un chapiteau convexe, dont les rebords doivent avoir assez de saillie pour qu'en retombant ils ferment toujours exactement la coquille; car, n'y ayant rien qui contraigne l'axe du cône à rester toujours au milieu, il pourrait, en s'écartant à droite ou à gauche, laisser un jour par où l'eau du tuyau montant redescendrait dans le corps de pompe.

Cette soupape a les mêmes défauts que la précédente; elle est sujette à adhérer fortement au diaphragme, et elle produit un rétrécissement qui, empêchant l'eau de passer assez abondamment, est nuisible au bon effet de la pompe.

Soupape sphérique, Pl. X, fig. 4.

123. La soupape sphérique, plus simple que les précédentes,

et moins sujette à se déranger, est sous tous les rapports préférable. Cette soupape n'est composée que d'une sphère *a* qui se loge dans une coquille *b b;* mais elle rétrécit le passage de la même manière que les deux autres. On peut cependant diminuer cet inconvénient en élargissant le tuyau au-dessus et au-dessous de la coquille.

124. Il faut que la boule qui forme cette soupape ne soit ni trop légère, ni trop pesante ; car, dans le premier cas, l'impulsion de l'eau l'élèvera à une hauteur trop considérable, et la coquille ne sera pas fermée assez promptement pour empêcher que l'eau ne redescende. Si elle est trop pesante elle ajoute une résistance de plus à celles que la puissance doit surmonter : mais dans tous les cas il vaut mieux que son poids soit trop grand que trop petit.

Soupapes à clapets.

125. On appelle soupapes à clapets, celles qui sont faites en forme de portes, et qui s'ouvrent autour d'une charnière ou d'une queue flexible en cuivre.

126. Les soupapes à clapets sont de toutes les soupapes connues, celles qui rétrécissent le moins le passage de l'eau; mais, d'un autre côté, elles sont plus sujettes à se déranger et elles exigent des réparations fréquentes. Nous distinguerons trois sortes de soupapes à clapets. Les soupapes à queue flexible, celles à charnière, et enfin celles à axe tournant.

Soupape à clapet et à queue flexible, Pl. X, fig. 7.

127. Cette soupape est composée d'un morceau de cuir *a a*, serré entre deux plaques de cuivre *b b* et *c c*, dont la première a un diamètre plus grand que celui de l'ouverture *m m* du tuyau inférieur, et la seconde a au contraire le diamètre plus petit, afin de pouvoir entrer dedans: ces deux plaques sont réunies en-

tre elles par une vis x et un écrou y. La pièce de cuir a une queue l servant de charnière ; elle est serrée entre les brides comme à l'ordinaire.

128. Cette soupape dont la charnière est en cuir, est bientôt usée dans cette partie essentielle, et par conséquent elle exige fréquemment d'être visitée et réparée. Elle ne ferme pas toujours exactement le tuyau, car le cuir de la charnière devenant trop flexible, permet à la soupape de dévier en retombant.

Soupape à charnière, Pl. X, fig. 8.

129. Elle est divisée en deux portions circulaires a et b, qui s'ouvrent en tournant autour d'un axe continu $c\,c$. Ces deux clapets sont logés dans une boîte $d\,d$, et ils s'appuient contre ses rebords. Une barre $f\,f$ traverse le tuyau à une certaine hauteur au-dessus de la boîte, et sert à maintenir les clapets, lorsqu'ils sont levés, dans une telle situation qu'ils puissent retomber chacun de leur côté, lorsqu'ils doivent fermer le tuyau.

Soupape à axe tournant, Pl. X, fig. 9.

130. *Bélidor* est l'inventeur de cette excellente soupape, qui, à la vérité, est d'une exécution assez difficile, mais qui réunit les deux avantages d'être solide, et de rétrécir le moins possible le passage à l'eau ascendante.

131. Cette soupape est composée d'un diaphragme circulaire et mobile sur les tourillons $a\,a$, dont le milieu ne passe pas par le centre, s'en trouvant éloigné de la douzième partie du diamètre. Les segmens inégaux dont cette soupape se trouve composée, sont accompagnés de rebords inclinés m et n dans un sens contraire, afin que, quand elle est fermée, le premier qui répond au plus grand segment, puisse s'appuyer de haut en bas sur le bord supérieur p du pallier; et l'autre de bas en haut

contre le bord inférieur q, avec lesquels la soupape doit s'emboîter parfaitement.

132. Quand le piston de la pompe à laquelle est adaptée cette soupape, refoule de bas en haut, l'eau pousse la soupape dans cette direction, mais avec beaucoup plus de force contre le grand segment que contre le petit; alors la soupape s'ouvre pour se mettre dans une situation verticale, l'eau passe librement des deux côtés du diaphragme, sans rencontrer d'obstacle.

133. D'autre part, au premier instant où le piston commence à descendre, la soupape cessant d'être soutenue par l'eau qui montait, se ferme, entraînée par son propre poids qui agit à l'extrémité de son bras de levier, sans aucune opposition que celle du frottement des tourillons; alors la colonne d'eau qui est dessus, s'appuyant beaucoup plus sur le grand segment que sur le petit, il est impossible que la soupape puisse s'ouvrir d'elle-même; au contraire, plus le poids de la colonne qu'elle soutiendra sera grand, et mieux les bords s'appuieront sur leurs palliers.

Pistons.

134. On distingue deux sortes de pistons; les pistons pleins et les pistons à soupape.

Un bon piston, quelle que soit sa nature, doit remplir les deux conditions suivantes :

1°. Que son axe se trouve toujours vertical, malgré l'obliquité que peut recevoir sa tige dans le mouvement qui lui est transmis par les balanciers ou manivelles, afin d'éviter toute contrainte et pour qu'il ne fatigue pas plus d'un côté que de l'autre, soit le corps de pompe, soit le piston.

2°. Que le cuir ou autre matière qui cause l'adhésion du piston à la surface inférieure du corps de pompe, soit tellement

disposé qu'il puisse durer long-temps et qu'il ait la plus grande solidité possible, afin d'éviter les fréquentes réparations, doublement nuisibles, par la dépense et par la suspension du travail actif qu'elles occasionent.

Pistons pleins.

135. On connaît trois espèces de pistons pleins; les pistons à cuir, les pistons à filasse, et les pistons à parois flexibles.

Pistons à cuir.

136. Nous diviserons les pistons pleins à cuir en trois sous-variétés, 1°. à bandes de cuir étendues, 2°. à bande flexible, 3°. à rondelles superposées.

137. Le piston à bandes de cuir étendu est le plus commun et le plus simple. Ce piston, représenté figure 10 (Pl. X), est en bois; il a la forme de deux cônes tronqués égaux et semblables qu'on aurait unis par leur petite base, et dont chacun est revêtu d'une bande de cuir évasée en sens contraire.

138. Ce piston est peu coûteux, mais il dure peu, et il n'intercepte pas avec assez d'exactitude le passage de l'eau entre ses parois et celles du corps de pompe, surtout dans le cas très-fréquent où le tuyau n'est pas parfaitement alésé. Cet inconvénient a donné naissance au piston à bande flexible.

Piston à bande flexible (coupe, élévation).

139. Ce piston, inventé par *Bélidor*, est représenté figures 8 et 9 (Pl. VII). Un cylindre de cuivre *a*, creux et percé de trous, est couvert par en-haut d'un plateau *b b* de même matière : l'un et l'autre fondus ensemble, aussi-bien que le rebord *c c*, servent de bride pour attacher le cylindre à un second plateau *d d* semblable au premier, avec cette différence qu'il est percé dans le milieu d'un trou couvert par une sou-

pape à coquille; la languette de la coquille est prise entre la bride *c c* et le plateau.

140. Sur le pourtour de chaque plateau est pratiquée une gorge circulaire *m m*, dont les bords doivent être arrondis pour recevoir les ourlets d'une bourse de cuir, de figure cylindrique, à laquelle les plateaux servent de fond. Cette bourse est assujettie par de gros fils poissés auxquels on fait faire un grand nombre de tours, pour serrer fortement le cuir de manière que le tout forme un tambour représenté par la figure.

141. Lorsque ce piston agit et qu'il descend, la pression de l'eau ouvre la soupape, entre dans le tuyau, étend le cuir, le comprime fortement contre les parois du corps de pompe, et le force d'y adhérer complétement malgré qu'il ne soit pas parfaitement cylindrique. Ainsi, ce piston ne peut point perdre d'eau, mais sa surface étant intimement unie à celle du corps de pompe, il en résulte un plus grand frottement et le cuir ne peut pas durer long-temps. D'ailleurs la construction de ce piston est difficile et coûteuse.

142. On obtient un effet à peu près semblable à celui que produit ce piston par un moyen très-simple, qui consiste en une couronne de cuir qui environne le piston et surmonte de quelques pouces sa partie supérieure. On conçoit que la colonne d'eau dont le piston est chargé, tend à dilater cette couronne et à la comprimer fortement contre le corps de pompe.

Piston à rondelles superposées, Pl. X, fig. 1.

143. Le corps du piston est composé de deux cylindres de cuivre *a* et *b*, d'une vis *c* et d'un anneau *d*; le tout fondu ensemble. Le diamètre de *a* est d'une ligne ou d'une ligne et demie plus petit que celui du corps de pompe, et le diamètre de *b* n'est que la moitié du précédent.

144. L'on a un nombre de rondelles de cuir dont le diamètre doit être un peu plus grand que celui du corps de pompe; et, après les avoir percées, dans le milieu, d'un trou dont le diamètre est égal à celui de *b*, on les place sur le cylindre qui leur sert de noyau. On les bat d'abord à coups de marteau, et, après les avoir battues, on les enfile et on les presse les unes contre les autres sur toute la hauteur du cylindre *b*; on en ajoute quelques-unes de plus que l'on soutient par une plaque de cuivre *m*, laquelle étant aussi percée dans le milieu, s'ajuste sur la partie *x*. On presse enfin et on assujettit le tout par le moyen de l'écrou *y*, que l'on fait tourner avec force. Cela fait, l'on pose le piston sur le tour afin de réduire les rondelles au même diamètre de la tête du piston; ainsi le tout forme un cylindre dont la surface est uniforme.

145. Ce piston ainsi disposé, on l'introduit sans difficulté jusqu'au fond du corps de pompe; après quoi, l'on verse de l'eau dessus; alors le cuir s'enfle, toutes les rondelles s'unissent contre le corps de pompe, et ne laissent aucun passage à l'air pendant l'aspiration, ni à l'eau pendant le refoulement.

A mesure que la surface du cylindre de cuir s'use par le frottement, le cuir s'étend en dehors pour se renfler de nouveau. La tige est accrochée à l'anneau *p*, de manière qu'elle puisse jouer sans contrainte, et que le piston, en montant et en descendant, ne soit pas forcé de frotter plus d'un côté que de l'autre.

Piston à filasse, Pl. X, fig. 11.

146. Ce piston employé dans plusieurs machines à vapeur, est composé de deux plateaux; le premier *a* est entièrement circulaire et a un diamètre un peu moindre que celui du corps de pompe; le second *b* est replié en *c d*, de sorte que l'un et l'autre étant superposés, ils établissent entre eux un canal circulaire *x x*, lequel est rempli de filasse. Plusieurs vis *c c c*

c c c servent à rapprocher les deux plateaux qui sont traversés par la tige *y* du piston.

Les cuirs qui garnissent le pourtour extérieur des pistons de pompe s'usent promptement par le frottement continuel qu'ils subissent; et leur renouvellement est l'objet d'une dépense assez considérable dans les grandes exploitations. Pour remédier à cet inconvénient, on a imaginé les pistons à liteaux mobiles. Il y en a de deux sortes; dans les uns les liteaux sont poussés par des ressorts; dans les autres, par le poids de l'eau.

Pistons à ressorts et à liteaux.

147. Les figures 10 et 11 (Pl. VII) représentent le plan et la coupe d'un piston qui est composé de deux parties, 1°. d'un plateau *a a* auquel est adaptée la tige *b b*, et dans lequel sont creusés deux trous couverts par les clapets *e e*; 2°. de quatre liteaux *d d d d* dont chacun est poussé par un ou deux ressorts *m m* qui les maintiennent constamment appliqués sur la surface intérieure du tuyau de la pompe. Lorsque ce tuyau est en fer, les liteaux sont en cuivre jaune, et, quand le tuyau est en bois, ils sont en bois dur. Les liteaux, pour ne pas laisser échapper l'air, se recouvrent à leurs extrémités, comme on le voit en *p p p p*.

Pistons à couronne flexible, Pl. VII, fig. 12 et 13.

148. Les liteaux mobiles *a a a* sont taillés obliquement et disposés de manière à se recouvrir mutuellement sur la moitié à peu près de leur largeur. Une couronne circulaire de cuir *b b b* recouvre la surface supérieure des liteaux, sert à les maintenir, et, par sa flexibilité, leur laisse le jeu convenable. Les bords intérieurs de chacun des joints des pièces mobiles sont recouverts deux à deux par les bandes de cuir *e e e*. D'autres bandes de cuir *c c c* sont fixées d'un côté par des vis dans des entailles

creusées sur le bord du plateau inférieur du piston, et de l'autre, dans des entailles obliques pratiquées sur chaque liteau.

149. Il résulte de cette disposition, que le piston forme une espèce de godet flexible, et que, lorsqu'il monte chargé d'une colonne d'eau, ce poids écarte les liteaux, les faisant serrer les uns contre les autres et contre la paroi du corps de pompe, de manière à ne point laisser échapper d'eau et à produire complétement l'effet d'un piston garni de cuir; et ces bandes de cuir, n'étant point exposées aux frottemens, doivent durer très-longtemps.

150. Ce piston a une propriété remarquable; c'est que les liteaux ne frottent contre la surface intérieure du corps de pompe que quand le piston monte (étant alors poussés par le poids de la colonne d'eau soulevée), tandis qu'ils ne frottent presque pas contre la même surface, quand le piston descend, ce qui lui donne un avantage sur les pistons à ressort. On a fait en Allemagne des essais avec ce piston, mais il paraît que l'on a reconnu que les anciens pistons à manchettes de cuir, que nous avons indiqués (142), sont préférables.

Pistons à soupape.

151. Les pistons à soupape sont ceux qui ont des ouvertures que l'eau traverse pour passer au-dessus. Ces ouvertures sont couvertes par des soupapes à clapet que la pression de l'eau ferme quand le piston remonte.

152. Une des qualités que doit avoir un bon piston, c'est que les ouvertures soient aussi grandes qu'il est possible, sans nuire cependant à sa solidité. Les soupapes doivent s'ouvrir avec facilité et se fermer avec exactitude.

153. Les pistons sont en bois ou en bronze. Les premiers ne comportent point de grandes ouvertures qui les affaibliraient;

ils ont l'inconvénient de se gonfler dans l'eau, et ensuite de se sécher et de se rétrécir, lorsque la machine s'arrête quelque temps. Leur durée est courte, mais leur construction est facile et économique.

154. Les pistons en bronze durent plus long-temps, et admettent de grandes ouvertures; leurs dimensions ne varient point par l'effet de l'humidité et de la sécheresse : exécutés avec plus de précision, ils produisent de moindres frottemens, en supposant que le corps de pompe soit bien alésé.

Pistons en bois.

155. Les pistons en bois ont la forme d'un tronc de cône renversé; on les garnit de cercles de fer enchâssés dans le bois.

156. Les uns (Pl. X, fig. 15) ont un seul trou dans le centre, et ce trou est fermé par une soupape à clapet en cuir couvert d'une lame métallique. L'extrémité de la tige a deux branches en forme d'arcade pour laisser un libre mouvement à la soupape.

157. Les autres (Pl. X figure 16) ont plusieurs trous disposés en cercle autour d'un trou carré percé au centre. Celui-ci sert à l'insertion de l'extrémité de la tige, les autres livrent le passage à l'eau. Uu plateau circulaire de cuir recouvre ce piston. Ce plateau est formé par trois ou quatre plaques de cuir cousues ensemble, après avoir été grillées dans du suif chaud, ou bien par une seule plaque de peau d'hippopotame. Il est percé dans le milieu pour y introduire le bout de la tige. On adapte sur un de ses diamètres une règle métallique, et la tige est retenue à la partie inférieure du piston par un écrou.

158. Cette tige *a* est fourchue pour recevoir le bout de la partie supérieure qui est en bois et que l'on assujettit au moyen de trois boulons.

Vers le haut du piston est fixée une couronne de cuir *m*,

ayant deux pouces et demi de hauteur et quatre à cinq lignes d'épaisseur; elle est faite de plusieurs cuirs cousus ensemble; elle frotte contre les parois du corps de pompe. Lorsque le piston supporte une colonne d'eau considérable, cette colonne tend à élargir la couronne de cuir qui surmonte le piston, et l'oblige à intercepter avec exactitude tout passage à l'eau entre le piston et les parois du corps de pompe.

Pistons en bronze, Pl. X, fig. 13.

159. Le corps du piston est formé d'une boîte en bronze *a a* qui a la figure d'un cône renversé avec un petit rebord *c c*. Cette boîte est traversée par une barre dans sa partie supérieure et par une barre semblable et parallèle dans sa partie inférieure. Dans ces barres est enfilée la tige *x* qu'elles retiennent d'une manière inébranlable.

160. Sur la surface extérieure de la boîte est appliquée une bande de cuir *m m* environnée par le bas d'un cercle de fer encastré dans l'épaisseur du cuir.

161. Le piston est couvert d'une plaque de cuir *p*, qui tient lieu de soupape; elle est fortifiée par des plaques de tôle ou de cuivre faites en segmens de cercles; celles de dessus ont un plus grand diamètre que le corps du piston; au contraire, celles de dessous sont plus petites; le cuir et les plaques sont réunis et serrés par quatre vis accompagnées de leurs écrous.

162. Cette soupape à clapets s'applique sur la boîte, en sorte que le milieu soit posé sur la barre qui traverse la partie supérieure de la boîte; et, pour lier le tout ensemble, l'on se sert de la croix en fer *n n n* qui sert à deux usages, l'un à assujettir la soupape, l'autre à s'ajuster avec la tige du piston.

Piston sans frottement, Pl. X, fig. 12.

163. *Denisart* et *Deuille* à qui l'on doit la première idée des machines à colonne d'eau, dont nous nous occuperons bientôt, ont inventé un piston fort ingénieux, au moyen duquel ils sont parvenus à supprimer les frottemens qui, dans les pompes ordinaires, absorbent une partie notable de la force motrice.

Ce piston est composé d'un plateau circulaire $y\,y$ dont le diamètre est moindre que celui du corps de pompe. Ce plateau s'applique sur un ou sur plusieurs grands cercles de cuir; quand un seul n'est pas assez fort, le cuir déborde tout autour, et son contour est fixé dans la fente $x\,x$, de manière cependant que le plateau puisse s'abaisser et s'élever d'une certaine quantité.

164. Ce piston forme une espèce de bourse dont les parties latérales sont flexibles et dont on peut élever et abaisser le fond sans empêchement.

Au milieu du plateau $y\,y$ est un trou m couvert d'une soupape à clapet. Une anse de fer p sert à attacher le piston à la tige q.

165. Ce piston ne peut décrire qu'un espace très-limité, de sorte que, si l'on doit élever une quantité d'eau considérable, on ne peut le faire qu'en lui donnant un grand diamètre; et l'on sait que dans une pompe quelconque, l'effort à exercer est toujours proportionnel à la surface du piston, quel que soit d'ailleurs le diamètre des autres tuyaux.

Il faut que la tige de ce piston passe dans le tuyau montant, ce qui empêche d'élever l'eau avec ce piston à une hauteur considérable.

166. On pourrait l'employer utilement dans les cas où sans inconvénient on peut rendre les levées du piston petites et fréquentes et où l'eau ne doit parvenir qu'à une médiocre hauteur.

167. L'Académie des Sciences vient d'approuver une *lampe à pompes* à l'instar de celle de *Carcel* où l'on a fait une application ingénieuse de ce piston (*a*).

Piston en fonte, par *Bélidor*, Pl. X, fig. 14.

168. Ce piston, qui convient à une pompe de grande dimension est un des plus solides et des mieux combinés que l'on puisse imaginer.

169. Le corps de ce piston est composé d'une boîte de fonte *a a*, servant de noyau à un nombre de rondelles de cuir *b b*. La partie inférieure de cette boîte est taillée en vis pour s'ajuster avec l'anneau *c c* servant d'écrou, et à presser les rondelles de cuir autant qu'il est possible.

170. Le haut de la boîte est terminé par deux oreilles *d d*, percées pour recevoir un boulon *e e*, servant à enfiler une fourche *f* dont le manche *m* n'est autre chose que la tige du piston, laquelle peut librement jouer autour de son boulon; ainsi, quand le piston sera logé dans le corps de pompe, et, quand les balanciers ou manivelles feront sortir la tige de la direction verticale, le piston s'y maintiendra et laissera prendre à la tige les obliquités que l'action de la machine peut faire naître, sans que le piston en reçoive aucune contrainte. La soupape de ce piston est à axe tournant (130).

171. Les rondelles de cuir, étant appliquées les unes sur les autres composeront ensemble un corps incomparablement plus solide que s'il n'y avait autour de la boîte qu'une bande comme à l'ordinaire, parce que le cuir résiste plus par la tranche que par la surface; d'ailleurs, à mesure que le cuir s'usera par le frottement, les parties contiguës seront poussées en dehors par la compression de l'écrou *c c*.

(*a*) Cette lampe est de M. Gagneau, ferblantier, rue St.-Denis, vis-à-vis St.-Leu.

CHAPITRE III.

Machines hydrauliques à compression d'air.

172. Si dans un vase clos on verse de l'eau par un tuyau long et étroit, et si l'air que le vase contient ne peut s'en échapper, l'eau introduite doit évidemment comprimer, condenser cet air, et lui donner une force élastique d'autant plus grande que la compression aura été plus forte. Cette force élastique dont la vigueur dépend de la hauteur du tuyau, peut avec facilité être employée à l'élévation d'une certaine quantité d'eau; il suffit pour cela de placer un autre vase au-dessus du premier, de faire communiquer les deux par un tuyau, et d'établir au-dessus du second un tube ascendant. Tel est le mécanisme indiqué par la fig. 2 (Pl. XI) où, *a* et *b* indiquent les deux vases; *c c*, le tuyau que l'eau motrice traverse; *d*, le tuyau de communication; et *f* le tuyau ascendant.

173. L'eau versée dans le tuyau *c c* comprime l'air contenue dans le vase *a* et *b* (puisque les deux communiquent ensemble par l'intermédiaire du tuyau *d*); l'air comprimé réagit sur l'eau du vase *b* et l'oblige à monter dans le tuyau ascendant *f*.

174. Pour que l'effet décrit se renouvelle, et pour qu'une nouvelle quantité d'eau s'élève dans le tuyau *f*, il faut 1°. interrompre la communication entre le tuyau *c c* et le vase *a*; 2°. faire sortir l'eau que ce vase contient et y introduire de l'air; 3°. fournir une nouvelle quantité d'eau au vase *b*; on obtient ces trois effets en ajoutant au vase *a* les deux petits tuyaux *m* et *n* garnis de leurs robinets; l'un offre un libre passage à l'eau, et l'autre admet l'air; le tuyau *p* fournit de l'eau au vase *b*, et le robinet *x*

intercepte la communication entre le vase *a* et l'eau motrice du tuyau *c c*. La fig. 4 indique un mécanisme analogue.

175. Ce mécanisme, dont on voit le type dans la fontaine de *Héron*, qui doit son nom au philosophe grec qui en est l'inventeur, a été imité dans un grand nombre de fontaines récréatives, dont plusieurs sont décrites dans l'ouvrage de *Salomon de Caus;* nous nous réservons d'en faire connaître les plus curieuses dans le *Traité des machines théâtrales et récréatives*.

176. On trouve dans l'ouvrage de *Salomon de Caus*, que nous venons de citer, l'indication de la première machine à compression d'air destinée à élever une masse considérable d'eau; mais il paraît que *Holl* est le premier qui en ait construit effectivement.

Machine de *Holl*, à compression d'air, Pl. XII, fig. 1.

177. *a*, est un réservoir toujours plein d'eau du dehors, d'où part un tuyau *b b* qui a 138 pieds de hauteur perpendiculaire; ce tuyau aboutit au fond d'un réservoir bien clos *d*; un second tuyau *h h* part de ce réservoir et va aboutir à un second réservoir également fermé *i*, qui communique avec un grand reservoir ouvert *l* par un tuyau *k*; ce dernier réservoir reçoit les eaux qui doivent être élevées; un autre tuyau *n n* de 96 pieds de hauteur perpendiculaire, part du réservoir *i*; c'est par ce tuyau que monte l'eau que la machine évacue.

178. Cette machine a 6 robinets. On suppose qu'on veuille la faire agir et que tous les robinets soient fermés, que le tuyau *b b* soit rempli d'eau jusqu'au robinet *c*, et le réservoir *l* également plein d'eau qu'il s'agit d'élever jusqu'en *o* à 96 pieds de hauteur. On ouvre d'abord les deux robinets *k* et *m*; l'eau du réservoir *l* entre dans le cylindre *i*, chasse l'air qu'il contient,

et trouve une issue par le petit tuyau *p*; on connaît que le cylindre *i* est plein, quand l'eau sort par le tuyau *p*; on ferme aussitôt les deux robinets *k* et *m* pour ôter la communication entre les deux réservoirs *i* et *l*; cela fait, on ouvre *c* et *g*; l'eau du tuyau *b b* entre alors dans le fond du réservoir *d*, et, comprimant l'air qui y est contenu, l'oblige à entrer dans le tuyau *h h*, d'où il sort pour aller comprimer l'eau du réservoir *i*, et la contraindre à monter dans le tuyau *n n*. Cette eau étant élevée, on ferme les robinets *c* et *g*; le premier, afin qu'il ne puisse plus venir d'eau extérieure du réservoir *a* dans celui *d*, et le second, afin que l'air ne puisse s'échapper. On ouvre les robinets *e* et *f* pour laisser écouler l'eau du réservoir *d*, et pour y laisser rentrer l'air par le petit tuyau *f*; l'eau étant sortie, on ferme ces deux robinets. On ouvre de nouveau ceux d'en-bas *k* et *m*; une nouvelle quantité d'eau monte dans le tuyau *n n*, et ainsi de suite.

179. (a) Cette machine emploie environ trois minutes à chaque fois qu'elle fait élever de l'eau, et, par minute elle donne 29 à 30 pieds cubes d'eau; il faut deux hommes pour la diriger, l'un est placé près du réservoir *d* pour ouvrir et fermer les robinets *c*, *g*, *e*, *f*, et l'autre près du reservoir d'en-bas pour les robinets *k* et *m*. Lorsque cette machine va sans interruption, elle élève en 24 heures, de la profondeurde 96 pieds, 12 à 13,000 pieds cubes d'eau, et dépense, pour cela, 17 à 20,000 pieds cubes d'eau extérieure.

180. Cette machine est d'un très-petit entretien, puisque l'on n'a à faire aucune des dépenses exigées par d'autres machines pour cuir, graisse, vis et écrous, qu'il faut continuellement renouveler. Elle est utile dans les endroits où l'on ne doit élever

---

(*a*) Jars, *Voyages métallurgiques*, tom. II, pag. 157.

l'eau qu'à une hauteur de 50 à 60 pieds, et où l'on a peu d'eau extérieure, et une chute plus grande que la profondeur de celle qu'on doit élever. On n'a besoin que de très-petits réservoirs pour rassembler les eaux tant extérieure qu'intérieure; ce qui ne peut avoir lieu dans les machines à roues, même dans celles où l'on emploie les pompes. Mais s'il est question d'élever l'eau à une hauteur plus grande que celle de la chute primitive, soit au-dessous du premier niveau ou même une plus grande profondeur, soit que la chute primitive soit trop courte ou la hauteur requise trop grande, une machine à colonne d'eau est préférable.

181. *Jars* a observé que, lorsque la machine est sur la fin de son opération, c'est-à-dire, lorsque l'eau du réservoir d'en bas a été élevée, si l'on ouvre le robinet pour donner issue à l'air comprimé, et que l'on présente à son embouchure un chapeau ou bonnet de mineur, les vapeurs aqueuses répandues dans l'air comprimé, sont condensées sur le chapeau, en forme de glace très-blanche et très-compacte, qui ressemble beaucoup à la grêle, et que l'on en détache difficilement. Elle se fond assez vite, ce qui n'est pas surprenant, puisque l'endroit où elle se forme est tempéré. Le même phénomène a lieu dans toutes les saisons.

182. On pourra évaluer jusqu'à quel point l'air est comprimé, en faisant attention qu'il soutient une colonne de la valeur de 1206 pieds 8 pouces cubes d'eau, qui pèsent 84,466 livres.

183. Quelques mécaniciens ont imaginé des moyens pour ouvrir et fermer les robinets de cette machine, par des *régulateurs* dépendans du jeu même de la machine, et d'éviter ainsi la sujétion d'employer deux hommes à cet ouvrage. Parmi les méthodes proposées, on distingue celles de MM. *Boswell* et *Goodwin*.

Machine à compression d'air modifiée par M. *Boswell*, Pl. XII, fig. 2.

184. La machine de *Holl*, que nous venons de décrire, a l'inconvénient d'exiger l'action de deux hommes dont l'unique emploi est d'en ouvrir et fermer les robinets. M. *Goodwyn* et M. *Boswell* ont imaginé des méthodes de remédier à ce défaut, en adaptant à la machine des régulateurs que le mouvement même de la machine mettrait en action. Les méthodes de ces deux mécaniciens, qui dépendent du même principe, étant à peu près semblables, nous ne décrirons que celle de M. *Boswell*.

185. Le régulateur de M. *Boswell* est composé : 1°. d'un vase *a* ouvert par le haut et placé au-dessus du récipient intermédiaire B. Le vase reçoit par un tuyau *o* une portion d'eau de la source, et cette eau est destinée à ouvrir et fermer les robinets. Le tuyau *o* est garni d'un robinet *l* qui s'ouvre et se ferme alternativement, et d'un autre robinet *m* toujours ouvert, qui sert à régler la dépense d'eau.

186. Le robinet *l* est lié au robinet *c* du grand tuyau *x x* par une chaîne qui sert à les ouvrir et à les fermer en même temps par l'action de deux poids *p* et *r*, l'un constant et l'autre variable.

187. *r*, est un vase qui s'emplit au moyen d'un siphon *t t* qui plonge dans le vase supérieur *a*; et il se vide par un autre siphon *z* dans un vase inférieur *s*; ce dernier vase communique par une tringle au robinet *e*, et ouvre ce robinet lorsqu'il descend; il se vide par un robinet toujours ouvert *y* par lequel on règle la dépense d'eau. Tel est le régulateur de M. *Boswell*.

188. On doit ajouter que le récipient inférieur C, qui dans la première machine ne communique avec l'eau à élever que par un tube, est dans celle-ci entièrement plongé dans l'eau, et

s'emplit par un orifice garni d'une soupape *k* qui s'ouvre du haut en bas.

189. Pour concevoir le jeu de la machine, que l'on suppose le grand récipient B plein d'air, le robinet *e* ouvert; le poids de l'eau à élever, ouvrant la soupape *k*, remplit le récipient C, d'où l'air s'échappe par le tube *h h*, et sort par le robinet *e;* on ferme alors ce robinet; le poids *p* descend, les robinets *l* et *c* s'ouvrent, l'eau du réservoir A sort en même temps par l'orifice *f* pour emplir le vase *a*, et par le tuyau *x x* pour emplir le récipient B; alors l'air de ce récipient, comprimant l'eau du récipient C, l'oblige à ouvrir la soupape *n* pour élever l'eau dans le tuyau montant O. Quand le vase *a* et le récipient B ont reçu toute l'eau nécessaire, un flotteur F placé dans ce dernier ferme l'orifice *g* du tube *q q*, et l'eau du vase *a* tombe par le siphon *t t*, dans le vase *r*, dont le poids devient ainsi assez fort pour entraîner le contre-poids *p* et obliger les robinets *l* et *c* à se fermer. L'eau du vase *r* tombe dans le vase *s* au moyen du siphon *w*, et ce vase qui descend en même temps que *r*, fait tourner la tige du robinet *e;* enfin, le robinet toujours ouvert *y* ne verse qu'autant d'eau qu'il est nécessaire pour conserver à *s* l'excès de poids qui tient le robinet *e* ouvert.

190. Tandis que l'eau du grand récipient B s'écoule par l'orifice du tube *d*, la soupape *n*, pressée par la colonne d'eau qu'elle soutient se ferme; l'air comprimé dans le tube *q q* se dilate, et néanmoins presse l'eau du récipient B dont elle accélère l'écoulement; en même temps la soupape *k* s'ouvre, et le récipient C s'emplit d'eau. Le récipient B et le vase *a* se vident en même temps; dès que le siphon *t t* ne fournit plus d'eau au vase *r*, ce vase et son inférieur *s* perdant l'excès de poids qui avait déterminé la fermeture des robinets *l* et *c*, le contre-poids *p* redescend et ouvre de nouveau ces mêmes robinets; les réci-

*

piens B et *a* se remplissent, les mêmes effets recommencent.

CHAPITRE IV.

Des machines à siphons.

Siphons simple, Pl. XIII, fig. 3.

191. Le siphon simple n'est autre chose qu'un tuyau recourbé ouvert par les deux bouts. L'une des deux branches du siphon, plus courte que l'autre, plonge dans l'eau ou dans tout autre liquide. Si, par un moyen quelconque, on évacue l'air contenu dans le siphon, le liquide montera dans son intérieur et le remplira entièrement.

192. On a fait aux machines plusieurs applications importantes de cet instrument très-connu. Nous allons indiquer celles de ces applications qui nous ont paru les plus curieuses; nous commencerons par les belles inventions de M. *Manoury-Dectot*, dans lesquelles cet ingénieux mécanicien a su employer le siphon d'une manière neuve et heureuse.

Machines de M. *Manoury-Dectot.*
Rapport fait à l'Institut, par Carnot.

193. « Le problème général que l'auteur s'est proposé dans la construction de ces machines hydrauliques, est celui-ci : Une chute d'eau étant donnée, élever une portion de ce fluide au-dessus du réservoir par le moyen d'une machine dont toutes les parties sont absolument fixes, et qui, par conséquent, ne renferme ni roues, ni leviers, ni pistons, ni soupapes, ni autres parties quelconques mobiles.

194. » M. *Manoury* est parvenu à la solution de ce problème,

qu'on serait d'abord tenté de croire impossible, de plusieurs manières qui n'ont rien de commun entre elles; les faits répondent à toutes les objections, et la théorie, à laquelle il n'est pas donné de prévoir la vérité, la confirme au moins toujours, et sert ordinairement à la généraliser.

195. » Malgré la variété surprenante des machines proposées par M. *Manoury*, et la complication assez grande de quelques-unes d'entre elles, on reconnaît, en les comparant avec soin, qu'elles ne sont toutes que des combinaisons diverses de trois moyens principaux employés ensemble ou séparément, et qui sont désignés par l'auteur sous les trois dénominations de siphon intermittent, d'hydréole et de colonne oscillante.

1°. Siphon intermittent.

196. »Le siphon intermittent est connu en physique; c'est par ce moyen que se vident les fontaines dites réciproques, chaque fois que leur réservoir se trouve rempli par l'eau de la pluie ou autrement jusqu'à la hauteur du dessus de ce siphon. Alors l'eau se met à couler par la plus longue branche, et celle du réservoir s'échappe jusqu'à ce que la surface se trouve au niveau de l'ouverture de la branche la plus courte; mais ce qui est nouveau dans le mécanisme de M. *Manoury*, c'est le parti qu'il a su tirer de ce siphon intermittent, pour en faire le principe de plusieurs machines dans lesquelles il n'entre aucune partie mobile, et qui cependant élèvent l'eau au-dessus du réservoir.

197. » Pour concevoir cet effet intermittent, il n'y a qu'à le supposer appliqué, par exemple, à la fontaine de compression ordinaire, dite fontaine de Héron. On sait que cette fontaine est composée de deux capacités closes placées l'une au-dessus de l'autre et séparées par un diaphragme. En introduisant l'eau dans sa capacité inférieure par un tuyau qui vient du ré-

servoir, l'air dont elle prend insensiblement la place, se comprime peu à peu dans cette capacité et en même temps dans la capacité supérieure, au moyen d'un tuyau de communication établi de l'une à l'autre. Alors l'eau contenue dans la capacité supérieure se trouve comprimée à son tour, jaillit, par un ajutage, au-dessus du réservoir.

198. » Mais la compression de l'eau n'existant qu'à cause de la compression de l'air opérée par la quantité d'eau introduite dans la capacité inférieure, elle cesse dès que, cette capacité étant remplie d'eau, l'air qui en a été chassé a perdu son ressort par sa dilatation dans la capacité supérieure. Si donc on veut que cet effet se renouvelle, il faut rétablir les choses dans leur état primitif, en vidant de nouveau la capacité inférieure de l'eau qui s'y est introduite.

199. » Or, c'est cette opération de vider la capacité inférieure, après qu'elle a produit son effet, que M. *Manoury* exécute par son siphon intermittent. Ce siphon, étant adapté à la capacité inférieure, la vide tout d'un coup, aussitôt que l'eau qui y arrive du réservoir, atteint la partie supérieure du siphon; l'air vient reprendre sa place et les choses se trouvent dans le même état où elles étaient avant le jeu de la machine, qui se remonte d'elle-même par l'effet de la chute d'eau donnée, sans qu'il y ait dans les parties solides qui la constituent aucune pièce mobile. Il n'y a donc qu'à répéter ce mécanisme par une suite de fontaines semblables placées par étage les unes au-dessus des autres, pour élever l'eau à telle hauteur qu'on voudra au moyen d'une perte proportionnée à celle qui s'écoule par le siphon intermittent. C'est ce que fait M. *Manoury* dans l'une de ces machines, qui n'est en effet que l'assemblage de plusieurs fontaines de compression, communiquant toutes ensemble de proche en proche, de manière que chacune devient le puisard

de celle qui est placée immédiatement au-dessus, et que toutes sont à la fois mises en jeu par l'effet d'un seul siphon intermittent adapté à la capacité inférieure de la fontaine la plus basse.

200. » Il est aisé de voir que le siphon intermittent peut être appliqué de même à beaucoup d'autres machines pour les ranimer, lorsqu'elles ont produit un premier effet, et leur en faire produire ainsi périodiquement; aussi M. *Manoury* varie-t-il ses applications.

2°. Hydréole.

201. » L'auteur donne le nom d'hydréole aux machines dans lesquelles il emploie un mélange d'eau et d'air pour faire monter le premier de ces fluides au-dessus de son niveau naturel. Ce moyen consiste à mettre en équilibre deux colonnes, l'une d'eau pure, l'autre d'eau mêlée avec de l'air; celle-ci, ayant une pesanteur spécifique, moindre que la première, ne peut évidemment la contre-balancer qu'au moyen d'une hauteur plus grande; d'où il suit que la colonne mélangée doit s'élever au-dessus du réservoir, et porter par conséquent l'eau qu'elle contient au-dessus de son niveau naturel.

202. » M. *Manoury* opère son mélange d'une manière très-intense; il ne se contente pas d'introduire un volume d'air dans l'eau, il veut que ce volume soit préalablement divisé en une multitude de petites bulles qui, logées entre les particules de l'eau, y soient séparées et retenues par l'adhésion de ces particules, de manière qu'elles ne se dégagent que lentement et ne se réunissent, pour échapper, que quand le service qu'on en attendait a été obtenu.

203. » L'auteur distingue deux sortes d'hydréoles, l'hydréole par succion et l'hydréole par pression.

» Lorsqu'une colonne d'eau se meut dans l'air, elle en entraîne une portion avec elle, soit par l'adhérence des deux fluides l'un pour l'autre, soit parce qu'il se forme autour de la colonne d'eau une espèce de vide vers lequel l'air ambiant se précipite, effet démontré par les belles expériences de M. *Venturi*; il suit de là que l'eau, en traversant une masse d'air, en absorbe une partie, et devient en quelque sorte gazeuse; et c'est ce que M. *Manoury* appelle hydréole par succion.

204. » Si au contraire on suppose qu'un volume d'air soit chassé de force dans une masse d'eau, par un soufflet ou de toute autre manière, et que ce volume d'air en pénétrant dans l'eau s'y trouve divisé en un grand nombre de petites bulles, au moyen de filières très-petites, par lesquelles on l'aura contraint de passer, le mélange qui en résultera est ce que M. *Manoury* appelle hydréole par pression, parce qu'effectivement c'est par une forte compression de l'air qu'on l'oblige à entrer et à se disséminer dans toutes les parties de la masse du fluide.

205. » Dans l'une et dans l'autre de ces hydréoles, l'eau, devenue gazeuse, se trouve plus légère que l'eau pure, et par conséquent susceptible de monter plus haut que le réservoir. Telle est la base du second moyen proposé par M. *Manoury*, qui en varie les applications; nous allons en indiquer plusieurs.

206. » Concevons un réservoir au fond duquel soit adapté un tuyau recourbé, et dont la branche recourbée s'élève plus haut que le réservoir. Dans son état naturel, l'eau se mettra de niveau dans le réservoir et dans le tuyau.

» Supposons maintenant que vers le milieu de la longueur du tuyau on perce la paroi, et qu'on y adapte la douille d'un soufflet qui y chasse l'air de force, non à plein courant, mais par l'interposition d'une plaque percée d'un grand nombre de petits trous pour diviser le volume d'air; l'air pénétrera dans la

masse d'eau en forme de bulles très-déliées, et l'adhésion des particules d'eau entre elles tiendra ces petites bulles séparées; l'eau du tuyau deviendra donc gazeuse au-dessus de l'ouverture faite dans la paroi, et spécifiquement plus légère que l'eau du réservoir; donc elle montera dans ce tuyau au-dessus de ce réservoir, et pourra entrer dans ce même réservoir ou dans un autre plus élevé que le premier. Mais l'objet de M. *Manoury* ne serait pas rempli complétement s'il n'était parvenu à remplacer le soufflet, qui est une pièce mobile, par un autre moyen; et ce moyen est fort simple.

207. » L'auteur dérive de son réservoir une seconde colonne qui tombe par un nouveau tuyau dans une capacité close; à mesure que l'eau remplit cette capacité, l'air s'y comprime, et c'est cet air comprimé qui, étant reporté par un autre tuyau à l'ouverture de la paroi du premier, y remplace le soufflet jusqu'à ce que, la capacité close étant remplie d'eau, l'air en soit entièrement consommé. Mais alors l'effet cesserait si l'on ne vidait la capacité close pour rétablir les choses dans leur premier état, et c'est ce que M. *Manoury* exécute par un siphon intermittent semblable à celui que nous avons décrit ci-dessus (*a*).

208. » Voici une autre application de l'hydréole.

» L'auteur commence par tirer de son réservoir un jet d'eau qui s'élève, suivant les lois ordinaires de l'hydraulique, un peu moins haut que ce même réservoir, à cause des frottemens. Au centre de l'ajutage de ce jet d'eau aboutit un courant d'air produit, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, par une seconde colonne d'eau dérivée du même réservoir. Voici ce qui arrive alors; l'eau et l'air se mêlent ensemble au sortir de l'ajutage, et

(*a*) La fig. 3, Pl. XI, représente une hydréole : — *a*, réservoir où l'eau s'élève; — *b*, tuyau montant où se forme le mélange de l'eau et de l'air; — *d*, trompe ou soufflet hydraulique. (Voyez le *Traité de la composition des machines*), 914 et suiv.

le jet l'enlève tout à coup beaucoup plus haut que le réservoir. On devait s'attendre à cet effet d'après ce que nous avons dit précédemment; mais ce qu'il y a de singulier, c'est le bruit occasioné par le choc des particules d'air contre celles de l'eau au sortir de l'ajutage. Ce bruit est un son approchant de l'harmonica mais moins doux. Si l'on vient à interrompre l'écoulement de l'eau par l'ajutage, l'air qui sort seul ne produit plus qu'un sifflement ordinaire.

3°. Colonne oscillante.

209. » Le troisième moyen imaginé par l'auteur pour élever l'eau d'un réservoir au-dessus de son niveau naturel, est ce qu'il nomme sa colonne oscillante. C'est aussi de ces trois moyens principaux celui qui a paru aux commissaires de l'institut le plus nouveau, parce qu'on ne connaît rien qui ait pu en suggérer l'idée fondamentale; il est d'ailleurs d'une extrême simplicité, puisque tout le mécanisme se réduit à un tuyau adapté à un réservoir, et interrompu vers sa partie inférieure. C'est cette solution de continuité dans le tuyau, qui fait que l'on y voit avec surprise l'eau monter au-dessus du réservoir, sans l'addition d'aucune autre pièce à la machine.

210. » Pour expliquer ce phénomène, imaginons un siphon renversé, c'est-à-dire, dont les branches aient leurs ouvertures par en haut. Si l'on fait couler une balle dans ces branches, sans lui imprimer aucune vitesse initiale, il est évident qu'en vertu de celle qu'elle doit acquérir dans sa chute, elle remontera dans l'autre branche à la même hauteur que celle d'où elle est partie dans la première, et qu'abstraction faite du frottement, cette balle continuera d'osciller de l'une à l'autre branche, en remontant toujours dans chacune d'elles à la même hauteur.

211. » Mais si, dès que la première balle est partie, on lui en fait succéder une autre pareille qui lui soit contiguë, la première

balle s'élèvera dans la seconde branche à une hauteur plus grande que celle d'où elle est descendue, et la seconde à une hauteur moindre. En effet, c'est le centre de gravité de leur système, c'est-à-dire, leur point de contingence, qui doit remonter à la hauteur du point de départ; et ainsi de suite, s'il y en avait un plus grand nombre.

212. » Ceci démontre que l'eau versée dans l'une des branches d'un siphon doit s'élever plus haut dans l'autre branche, quand on continue de verser dans la première. Cependant, comme elle ne saurait s'élever indéfiniment dans la seconde, il arrive un terme où elle commence à refouler la colonne inférieure, et à la repousser dans la première branche. Cet effet peut s'évaluer facilement par le principe de conservation des forces vives; car il en résulte qu'au moment où la colonne devient stationnaire pour rétrograder ensuite, le centre de gravité de la masse doit se retrouver précisément à la hauteur de l'ouverture de la première branche du siphon, puisque c'est par là que toute l'eau a été introduite, et qu'elle est supposée sans mouvement acquis au moment du départ.

213. » Mais, d'après le même principe, si, à ce moment où l'eau est stationnaire, on venait à soustraire ou anéantir la petite portion de fluide qui se trouve dans la partie basse du siphon, c'est-à-dire, à l'endroit du coude où ce siphon est horizontal, cette portion de fluide n'étant animée d'aucune force vive, ni actuelle, ni potentielle, la somme des forces vives de la masse totale n'en serait point altérée, mais elle se trouverait distribuée dans une masse moindre.

214. » Supposons que l'on continue de verser de l'eau dans la première branche du siphon, cette nouvelle quantité de fluide apportera une nouvelle somme de forces vives à la masse; si donc à chaque oscillation, on soustrait une portion de fluide

inanimée, pendant que, d'un autre côté, on en introduit de nouvelle chargée de forces vives, la somme totale des forces vives augmentera toujours, quoique la masse totale reste la même; l'ascension dans la seconde branche augmentera donc de plus en plus indéfiniment.

215. » La difficulté se réduit donc à soustraire la portion compétente du fluide qui se trouve dans la partie inférieure du siphon, au moment où le fluide est stationnaire, et cela, sans employer ni soupapes, ni aucunes autres pièces mobiles quelconques; or, c'est ce que M. *Manoury* obtient d'une manière extrêmement simple, en établissant à la partie basse du siphon une petite solution de continuité entre les deux branches de ce même siphon.

216. » Lorsque l'eau est animée d'un mouvement rapide d'oscillation dans le siphon, elle ne saurait s'échapper par cette ouverture, parce que ce mouvement acquis lui fait franchir ce petit intervalle; mais, au moment où l'eau devient stationnaire, ce mouvement acquis n'ayant plus lieu, la portion du fluide qui répond à la petite ouverture, s'échappe; et c'est précisément ce qui doit avoir lieu pour que la machine produise son effet, sans déperdition de forces vives, ainsi que nous l'avons expliqué ci-dessus.

217. » Pour éviter encore plus sûrement la perte de l'eau avant qu'elle soit arrivée au repos, M. *Manoury* termine en cône tronqué l'extrémité inférieure de la première branche de son siphon, ce qui produit une contraction à la veine fluide qui en sort, et la détermine à entrer en entier dans la seconde branche.

218. » Cet effet singulier est plus facile à expliquer qu'à prévoir; mais le succès a justifié cette tentative délicate de M. *Manoury*. On conçoit qu'il faudra du temps et des tâtonnemens pour tirer de ce principe une machine avantageuse.

» Si l'on ferme la seconde branche du siphon par le haut, au

moyen d'une plaque, en laissant seulement dans cette plaque une petite ouverture, la colonne d'eau qui monte par ses oscillations dans cette seconde branche, se trouvant tout d'un coup arrêtée par la plaque d'en haut, produit la secousse ordinaire du belier hydraulique. La force vive est en partie détruite par le choc; le reste passe dans le filet d'eau, qui est lancé à une grande hauteur. Cet effet, qui lui est commun avec la machine de Montgolfier, n'empêche pas que l'une ne diffère essentiellement de l'autre; car cette dernière ne peut se débarrasser de ses pièces mobiles, qui sont les soupapes, tandis que la colonne oscillante de M. *Manoury* n'en a aucune, et conserve cette propriété qui caractérise toutes les machines qu'il a présentées à l'institut.

219. » Par la combinaison de tant de moyens peu connus et tout-à-fait inusités dans la construction des machines hydrauliques, l'auteur est sorti du cercle ordinaire des idées sur lesquelles ces machines sont conçues, et, par conséquent, il a dû arriver à des résultats absolument inattendus.

220. » M. *Manoury* a aussi inventé des moulins à blé, qui paraissent être d'une utilité majeure pour le service public, et qui, d'après des expériences authentiques et constatées, produisent un effet supérieur à celui des roues à pots les mieux exécutées; c'est une heureuse application de la machine à réaction imaginée par M. *Segner*, de l'académie de Berlin, et soumise ensuite au calcul par plusieurs illustres géomètres, particulièrement par *Euler*, père et fils, et par *Bossut*. Quatorze de ces moulins sont déjà établis aux forges de Paimpont en Bretagne, et dans les départemens de l'Orne, de la Manche et du Calvados.

221. » Les commissaires de l'institut pensent que M. *Manoury* a rendu des services essentiels à la théorie aussi-bien qu'à la pratique du mouvement des eaux, par ses recherches et ses

expériences, et que ses inventions méritent l'approbation de la classe. »

Les conclusions de ce rapport ont été adoptées dans la séance du 30 décembre 1812.

Machine de *Trouville*, Pl. XIII, fig. 4 et 5.

222. Nous allons transcrire le rapport fait au bureau de consultation des Arts et Métiers par MM. *Borda*, *Hallé* et *Dumas*, rapport d'après lequel il fut accordé à M. *Trouville* la somme de 15,000 francs.

223. « Nous commencerons par observer que les moyens qui dépendent de l'action de l'élasticité de l'air, ont déjà mérité l'attention des artistes; quelques années auparavant, un pareil moyen hydraulique a été soumis à l'examen de l'académie des sciences. Nous donnerons une courte description de cette machine, nous ferons l'examen de l'effet qu'elle produit, et nous le comparerons à celui des roues hydrauliques dont on se sert ordinairement pour élever les eaux; enfin, nous donnerons quelques considérations générales sur différentes manières d'employer ce moyen.

224. » Dans la machine de M. *Trouville*, il n'y a ni rouages, ni pompes; l'air est le seul intermédiaire par lequel l'eau qui sert de moteur agit sur celle qu'on élève.

» Qu'on imagine une grande capacité privée de toute communication avec l'air extérieur, un bâtiment voûté, par exemple, et que ce bâtiment que M. *Trouville* appelle grand aspirateur, soit disposé de manière à recevoir alternativement les eaux d'une source qui sert de moteur, et à les laisser écouler par sa partie inférieure.

225. » Soient aussi plusieurs réservoirs établis les uns au-dessus des autres depuis le niveau de la source jusqu'au point le plus

élevé où on veut porter l'eau, et au-dessus de chaque réservoir un petit bâtiment également fermé, appelé petit aspirateur, lequel communique par un tuyau vertical avec le réservoir immédiatement inférieur, et par un tuyau horizontal avec le réservoir voisin dans lequel elle doit verser.

226. » Supposons encore que ces aspirateurs soient presque entièrement remplis d'eau, à l'exception d'une petite hauteur dans leur partie supérieure qui contienne de l'air, et soit un long tuyau d'un petit diamètre qui parte de la voûte du grand aspirateur au niveau de la source, que le niveau de chaque réservoir supérieur soit un peu au-dessous de la voûte du petit aspirateur qui y correspond, et que la hauteur de chaque petit aspirateur soit un peu moindre que celle de l'eau contenue dans le grand.

227. » Il résulte de cette disposition, que, lorsqu'on donne à l'eau du grand aspirateur la liberté de s'écouler par sa partie inférieure, l'air se dilate d'abord dans le long tuyau dont nous avons parlé, et de suite dans les têtes de tous les petits aspirateurs avec lesquels ce tuyau communique, et qu'alors chacun de ces derniers aspire l'eau du réservoir inférieur; qu'après cela, lorsqu'on fait entrer l'eau de la source dans le grand aspirateur, l'air se rétablit d'abord dans son premier état, et alors l'eau aspirée par chacun des petits aspiratenrs se dégorge dans le réservoir voisin; de sorte qu'après ces deux mouvemens, l'eau d'un réservoir quelconque se trouve avoir été portée dans celui qui lui est immédiatement supérieur, et que l'eau de la source parvient ainsi successivement jusqu'au réservoir le plus élevé. Telle est l'idée générale de la machine de M. *Trouville.*

228. » On évalue l'effet d'une machine hydraulique quelconque, en déterminant le rapport de la quantité d'eau qu'elle dépense avec la quantité qu'elle peut élever dans le même temps, à la

hauteur de laquelle l'eau qui sert de moteur, est descendue. Lorsque ces deux quantités sont égales, la machine produit le plus grand effet possible, ce qu'on appelle aussi l'effet total, et elle est plus ou moins parfaite selon que la quantité élevée approche plus ou moins de la quantité dépensée. Nous allons déterminer ce rapport dans la machine de M. *Trouville*, en faisant d'abord une certaine supposition sur la hauteur de la source qui lui donne le mouvement.

229. » Soit cette hauteur égale à un peu plus de 16 pieds, par exemple, 16 pieds 6 pouces; et supposons que la voûte du grand aspirateur soit au niveau de la source. Considérons ensuite tous les petits aspirateurs comme réduits à un seul, parce qu'ils produisent tous un effet pareil; soit la hauteur de la voûte de ce petit aspirateur unique au-dessus du réservoir inférieur, égale exactement à 16 pieds. Enfin imaginons que le grand aspirateur soit d'abord entièrement rempli d'eau, mais qu'il reste trois pouces d'air dans la tête du petit aspirateur, et que cet air ait la même densité que celui de l'atmosphère; supposons encore que le niveau du réservoir dans lequel l'eau doit se dégorger, soit trois pouces plus bas que la tête du petit aspirateur, et que le grand et le petit aspirateur aient la même étendue de surface.

230. » Cela posé, si l'on fait écouler l'eau du grand aspirateur par sa partie inférieure, on verra qu'elle descendra d'abord d'environ trois pouces sans produire aucun mouvement dans l'eau du petit aspirateur, mais qu'alors l'air se trouvant à peu près réduit à la moitié de sa densité première, la pression extérieure de l'atmosphère, équivalente à une colonne d'eau d'environ trois pieds, commencera à faire monter l'eau dans le petit aspirateur; qu'elle continuera ensuite de s'y élever jusqu'à ce que la colonne d'eau contenue dans le petit aspirateur soit des-

cendue au niveau de six pouces. Si on considère maintenant le mouvement de la machine, lorsque l'eau rentrera dans le grand aspirateur, on verra que l'eau y montera de trois pouces environ avant de produire aucun effet sur le petit aspirateur; mais qu'alors l'eau de ce dernier commencera à en sortir, et que les trois pouces d'eau qu'il avait aspirée seront versés dans le réservoir voisin, lorsque l'air aura repris la densité de celui de l'atmosphère.

231. » Il résulte de là qu'il sera entré dans le grand aspirateur une hauteur de six pouces d'eau, tandis qu'il n'en aura été versé qu'une hauteur de trois pouces dans le réservoir supérieur; d'où l'on voit que la quantité d'eau élevée ne sera que la moitié seulement de la quantité dépensée, et encore faut-il remarquer que celle-ci est descendue d'un peu plus de seize pieds de hauteur, tandis que l'eau élevée n'a été que d'un peu moins de seize pieds.

232. » Si l'on imagine de la même manière le produit de la machine, lorsque la source a une hauteur différente de celle que nous venons de supposer, on trouvera que l'eau élevée est à l'eau dépensée comme le volume que l'air occupe lorsqu'il a la même densité que l'atmosphère, est au volume qu'il occupe lorsque, par sa dilatation, il soutient une colonne d'eau égale à la hauteur de la source; et, en général, la quantité dépensée étant toujours représentée par 32 pieds, la quantité élevée sera représentée par 32 pieds moins la hauteur de la source.

233. » Ainsi, lorsque la hauteur de la source sera de huit pieds, les deux quantités seront entre elles comme 32 est à 24, ou comme 4 est à 3, et par conséquent, la machine produira les trois quarts de l'effet total; elle en produira les sept huitièmes, lorsque la hauteur sera de quatre pieds seulement, et les quinze seizièmes, lorsqu'elle sera réduite à deux pieds. D'où l'on voit que l'effet

de la machine approchera d'autant plus de l'effet total ou du plus grand effet possible, que la hauteur de la source qui sert de moteur sera plus petite.

234. » Nous devons remarquer ici qu'il y a une petite déduction à faire à ces résultats, parce que les petits aspirateurs n'élèvent pas l'eau exactement d'une quantité égale à la hauteur du grand aspirateur, ainsi qu'on a pu le voir ci-dessus : on doit remarquer encore que le volume de l'air contenu dans le tuyau de communication est en pure perte pour l'effet de la force motrice; mais ces différences sont très-petites, et l'on peut dire que les résultats pratiques de cette machine doivent beaucoup approcher de ceux que l'on vient de donner.

235. » Nous allons maintenant comparer ces résultats avec ceux des deux espèces de roues hydrauliques dont on se sert ordinairement pour élever les eaux; savoir, les roues à pots ou à godets, qui reçoivent l'eau par-dessus leur diamètre, ou à une certaine hauteur de ce diamètre, et les roues à aubes qui tournent dans un coursier, et sont mues par le choc de l'eau. Commençons d'abord par les roues à godets.

» Si l'on examine théoriquement le produit de cette roue, on trouve que son effet peut être égal à l'effet total, c'est-à-dire, qu'elle peut élever à une hauteur égale à celle de la source, autant d'eau qu'elle en dépense; mais, 1°. il faut supposer pour cela que la roue prenne une vitesse très-petite, et que la capacité des godets soit très-grande; or, dans ce cas, il serait nécessaire de multiplier les rouages intérieurs de la machine, afin de suppléer à la lenteur de la révolution de la roue : on aime donc mieux perdre une partie de l'effet en faisant tomber l'eau d'une certaine hauteur sur les godets, et alors cet effet se trouve diminué d'une quantité que nous estimons être ordinairement d'un huitième dans les machines les mieux combinées. 2°. Les frottemens des

rouages intérieurs de la machine, ceux des pistons dans les pompes, les pertes d'eau que font les pistons, et les étranglemens des soupapes, causent encore une diminution de produit qui est au moins d'un sixième dans les machines bien exécutées. L'on voit, d'après cela, que l'effet réel ou pratique d'une machine mue par une roue à godets est un peu moins des trois quarts de l'effet total, et il est peut-être rare d'en trouver qui produisent les deux tiers de cet effet.

236. » Venons à la seconde espèce de roues hydrauliques qui se meut par le choc de l'eau. On trouve qu'en donnant aux aubes de la roue la vitesse convenable pour qu'elle produise le plus grand effet dont elle est capable, elle peut élever la moitié de l'eau dépensée à la hauteur du réservoir de la source, c'est-à-dire, qu'elle peut produire la moitié de l'effet total. Mais il faut pour cela que les aubes de la roue remplissent exactement le coursier dans lequel elles tournent, de manière que l'eau ne puisse s'échapper par-dessous les aubes, ou latéralement, sans avoir exercé son action ; et, comme on est fort éloigné d'approcher de cette précision, nous estimons qu'une de ces roues ne produit réellement dans la pratique que le tiers de l'effet total ; et, faisant encore la réduction d'un sixième pour le frottement des rouages intérieurs et des pompes, on verra qu'une machine mue par une roue à aubes ne produit qu'un peu plus du quart de l'effet total.

237. » Il résulte, de l'examen que nous venons de faire, d'abord que la machine de M. *Trouville* est fort supérieure aux roues à aubes mues par le choc de l'eau. En effet, dans le cas où la hauteur de la source serait de 8 pieds, son produit serait presque triple de celui des roues à aubes, et nous verrons bientôt qu'elle aurait le même avantage dans tous les autres cas.

238. » Quant aux roues à godets, nous venons de dire qu'elles produisent un peu moins des trois quarts, ou peut-être même

les deux tiers de l'effet total : or, nous avons vu ci-dessus que la machine de M. *Trouville* produit aussi un peu moins des trois quarts de l'effet total lorsque la hauteur de la source est de 8 pieds, que son effet comparatif est plus grand dans les hauteurs plus petites, et moindre au contraire dans les hauteurs plus grandes. Ainsi les deux machines sont à peu près égales, lorsque la source dont on dispose tombe de 8 pieds; la machine a de la supériorité quand la hauteur est moindre, et elle est inférieure dans les hauteurs plus grandes. Mais il est toujours facile de réduire la machine à air de M. *Trouville*, à n'être qu'une répétition des machines dans lesquelles l'eau de la source ne tomberait que de 8 pieds de hauteur, ou d'une hauteur moindre. Pour cela, il suffirait de partager le grand aspirateur en plusieurs étages de 8 pieds de hauteur, qui communiqueraient chacun par un tuyau d'air particulier avec le tuyau général qui conduit l'air à tous les aspirateurs supérieurs. L'écoulement de l'eau de chaque étage se ferait par sa partie inférieure, dans une bâche placée en dehors à l'air libre, et cette bâche servirait ensuite à remplir l'étage inférieur pour produire la condensation. De cette manière, quelle que fût la hauteur de la source, l'eau étant élevée par des répétitions de 8 pieds, la machine produirait toujours les trois quarts de l'effet total, c'est-à-dire, que, dans le cas le moins favorable, elle serait égale à la roue à godets, et elle lui serait supérieure si on voulait diminuer la hauteur des répétitions.

239. » La comparaison que nous venons de faire prouve la bonté de la machine de M. *Trouville*; mais ce qui lui donne un très-grand avantage, et qui la distingue d'une manière particulière, c'est la suppression des rouages, balanciers, pompes et pistons, qui embarrassent et compliquent les machines ordinaires, et qui, usés en peu de temps, obligent à des répara-

tions souvent répétées, et enfin à des reconstructions totales; au lieu que la machine à air ne peut avoir besoin que de réparations médiocres, et que ses parties principales, telles que les aspirateurs, sont presque indestructibles; enfin la simplicité de cette machine en augmente aussi le mérite. »

240. Quoique la machine de M. *Trouville* semble (théoriquement parlant) très-avantageuse, je doute qu'on parvienne à en faire des applications réellement utiles à cause de son volume trop considérable, et de la difficulté de l'établir solidement.

Flotteur à siphon de M. de *Thiville*, Pl. XIII, fig. 2.

241. Le but que M. de *Thiville* s'est proposé en imaginant son ingénieuse machine, a été de trouver un moyen simple et économique de tirer parti d'un filet d'eau, lorsqu'on a cependant une chute assez considérable pour élever la portion d'eau à une hauteur déterminée.

a niveau d'une source ou d'un courant dont l'écoulement est empêché par la retenue *b*. — *hzp*, siphon. — *xxxx*, caisse de forts madriers bien joints, calfatée, goudronnée et environnée de frettes en fer. Cette caisse, établie d'une manière fixe, doit être supportée par une charpente, ou maçonnerie, qui n'est point indiquée dans la figure. — *yy*, est une caisse disposée de manière qu'elle peut se mouvoir dans la caisse fixe *x*, laissant entre elles un intervalle d'environ une ligne, — *ii*, rouleaux qui empêchent la caisse mobile de frotter et même d'adhérer contre les parois de la caisse fixe. — *u*, soupape. — *v*, autre soupape.

La caisse mobile est calibrée de manière qu'étant pleine d'eau, elle doit être égale en poids au volume d'eau qu'elle déplace.

242. Si l'on suppose que la soupape *v* soit ouverte et la soupape *u* fermée, il est clair que l'eau qui est entre les deux caisses s'écoulera par le passage que lui laisse la soupape *v*; alors la

caisse mobile pourra agir par son poids, et elle descendra en entraînant un des bras du balancier *kk* qui fera agir par son autre bras le piston d'une pompe.

La caisse mobile en descendant submergera sa base et perdra graduellement une partie de son poids; mais, à mesure qu'elle le perdra, elle en acquerra dans la même proportion au moyen du siphon par lequel elle recevra l'eau. De cette manière ce que la puissance perdra par le bas, elle le regagnera par le haut. Quand la caisse est arrivée au point le plus bas, la soupape *v* se ferme, la soupape *u* s'ouvre, et l'eau contenue dans la caisse mobile sort pour aller se mettre de niveau dans la caisse fixe. Lorsque ce niveau est établi, la caisse mobile submergée a perdu tout son poids, et un poids *p* suspendu à la tige du piston de la pompe produit l'élévation de la caisse mobile. M. de *Thiville* n'a point indiqué les moyens à employer pour ouvrir les soupapes.

243. La fig. 5 (Pl. XI) représente un moyen d'élever l'eau à l'aide du flotteur sans l'intermédiaire d'une pompe. Le fond de la caisse mobile *bb* a un trou circulaire qui est garni d'une boule *o;* une pareille boule *p* est établie sous la caisse fixe, et sert de clapet pour retenir l'eau qui est dans le tuyau d'ascension *xx*. Sous la caisse mobile est fixé solidement, par une rondelle de fer, un manchon de cuir *zz* articulé par des anneaux de fer; l'extrémité inférieure de ce manchon est établie de la même manière sur le fond de la caisse fixe.

Voici le jeu de la machine:

244. Si la soupape *v* s'ouvre, l'eau qui est entre les deux caisses s'écoulera; la caisse mobile sera abandonnée à son poids, et comprimera les articulations du manchon de cuir *zz;* l'eau qui est dans ce manchon forcera la boule *p* à lui laisser un libre passage pour entrer dans le tuyau d'ascension *xx;* la boule *o* au contraire fermera hermétiquement le trou de la caisse mo-

bile, qui, arrivée en *a a*, ne pourra pas descendre plus bas, étant retenue par deux heurtoirs *k k*.

Si alors la soupape *v* se ferme, une soupape placée en *q* s'ouvre pour laisser écouler assez d'eau dans l'intervalle qui sépare les deux caisses, pour mettre de nouveau à flot la caisse mobile; celle-ci, un peu plus légère que l'eau qu'elle déplace, ou tirée par un petit poids, remonte; cet effet ne peut avoir lieu sans que l'eau qui se trouve entre les deux caisses ne vienne en *a b* prendre la place qu'occupait la caisse au fur et à mesure qu'elle s'élève. Une partie d'eau que le siphon verse dans la caisse mobile remplit le manchon *z*; la boule *o* n'y met aucun obstacle, étant alors en équilibre et s'ouvrant du haut en bas. La boule *p* au contraire, se fermant de bas en haut, se trouve alors pressée par une puissance égale au poids de la colonne d'eau qui remplit le tuyau d'ascension *x x*. Lorsque la caisse est arrivée au point le plus haut de sa course, la soupape *v* s'ouvre et le mouvement recommence.

Machine de M. *W. Close*, pour élever l'eau par le mouvement latéral d'un courant dans un tube conique.

245. On lit dans le *Journal de Nicholson* des indications d'une machine que les expériences de M. *Venturi* ont suggérées à M. *William Close*. Cette machine, représentée fig. 6 (Pl. XI), peut, quoiqu'imparfaite, faire naître quelques applications utiles.

246. — A A est un réservoir d'eau qu'on tient constamment plein, en même temps que l'eau s'écoule en B, à plein jet et par l'effet d'une pression considérable. — C est un tube fixé dans le fond du vase sphérique D, et dépassant quelque peu son milieu. — E est un autre tube qui entre dans la cavité D, et se termine près de son sommet. La partie inférieure de ce tube est courbée, et son extrémité entre dans la plus petite ouverture du

tube conique B. — F est un tuyau de décharge du vase D quand il est rempli d'eau. — G est un petit tube qui passe au travers du tube F, et qui s'élève jusque vers le haut de la cavité D, dans le but d'admettre de l'air qui accélère la descente de l'eau hors de ce vase. Ces deux tubes sont fermés à leur extrémité inférieure par un levier L, qui est fixé sur un robinet dans le tube E, et porte d'un côté un poids, qui force l'autre côté à s'appuyer contre les extrémités des tubes, en même temps qu'elle supporte le vase I suspendu au-dessous par une corde ou un fil de métal. La surface supérieure de cette extrémité du levier qui touche les tubes, doit être garnie de cuir, et presser contre eux avec assez de force, pour que le vase D soit parfaitement fermé quand les extrémités des deux autres tubes sont mises dans l'eau. — H est un petit réservoir muni d'un siphon, qu'on remplit d'eau du réservoir A en même temps que le vase D. Cela se fait en réglant le robinet *k* sur le tuyau qui fournit d'eau le réservoir H. — I est un petit vase et un siphon, suspendus au levier L.

247. Voici la manière d'agir de cet appareil. Le réservoir A étant constamment rempli d'eau, et le tube conique B complétement rempli à son extrémité la plus large par l'eau qui s'écoule de A; la force du mouvement latéral étant augmentée par la forme du tube B, et agissant sur l'extrémité de E, raréfiera l'air en D; et la pression de l'atmosphère sur la surface de l'eau dans le réservoir fera monter une partie de cette eau dans le tube C jusques par-dessus son extrémité; elle remplira le vase D, puis descendra par E, et entrera dans le courant qui sort en B.

248. Lorsque D est plein d'eau, si l'on ouvre les tubes F et G, l'eau sortira; ainsi bientôt après que D est rempli, H est aussi plein; et le siphon de ce dernier vase, commençant à vider l'eau,

remplit I, qui contre-balance le poids sur le levier L, ouvre les tuyaux F et G, et ferme le robinet en E. La colonne d'eau en C descend immédiatement dans le réservoir; et si le petit tube G est plein d'eau, il sera vidé par la descente de cette colonne; il admettra l'air en D, et s'écoulera en F. Les vases D et H se videront d'eau à peu près dans le même temps, et le vase I, par le moyen de son siphon, se videra aussi bientôt après. Le poids agissant sur le levier L fermera ensuite les tubes F et G, ouvrira le passage par E, et l'eau montera dans le vase D, comme auparavant. Si l'eau descendait par E avant qu'on ouvrît F et G, on rendrait par là le robinet en E plus sûr.

249. *W. Close* fit quelques expériences sur cette machine. D'abord, il donna au vase D une forme cylindrique; son diamètre était d'un pouce trois quarts, et sa hauteur de deux pouces; on n'y avait pas adapté les tubes F et G, mais seulement deux trous, l'un pour faire sortir l'eau, et l'autre pour admettre l'air; ces deux orifices étaient fermés par des bouchons de bois. Le tube C avait trois huitièmes de pouce, et le tube E un cinquième de pouce de diamètre intérieur : ce dernier, pour plus de facilité dans la construction, était placé en dedans du tube C; sa partie supérieure était taillée en bec de flûte et touchait le haut du vase D; elle était maintenue en place par un coin de bois forcé dans le fond C. Un tube conique, long de neuf pouces, ayant un pouce de diamètre à son extrémité la plus étroite, et un pouce trois quarts au bout le plus large, fut fixé au côté d'un réservoir, profond de huit pouces. La hauteur de l'eau dans le réservoir, au-dessus de la plus petite des ouvertures du tube conique, étant de six pouces et demi, l'eau qui coulait par ce tube remplissait complétement son extrémité la plus large; le bout recourbé du tube E fut introduit dans la plus petite ouverture du tube conique, tandis que le fond de C

était de deux pouces au-dessous de la surface de l'eau dans le réservoir ; une partie de l'eau monta immédiatement de 14 pouces en C et remplit D : ensuite on souleva hors de l'eau les tubes C et L et on vida D, en ôtant les bouchons.

250. M. *W. Close* substitua ensuite en D un vase sphérique, qui avait deux pouces de diamètre, et il adopta les mêmes tubes C et E qui avaient été employés auparavant. On ajouta les deux tubes F et G, et on les ferma du doigt tandis que l'eau s'élevait. Le tube E ayant été un peu alongé, fut placé dans la petite ouverture en D, la charge du réservoir étant de 7 pouces. Le fond du tube C était précisément au-dessous de la surface de l'eau. Dans très-peu de temps une partie de l'eau monta près de 16 pouces par le tube C, et remplit D ; on ouvrit alors les tubes F et G, et cette eau s'écoula dehors.

251. Lorsque l'air entra dans le vase D, le cours du jet fut tellement diminué, qu'il ne remplit pas la moitié de l'ouverture la plus large, et ne recouvra sa première force que long-temps après que les tubes F et G eurent été fermés. Ceci montre la nécessité d'une soupape ou robinet qui ferme en E, pour prévenir la diminution du jet, quand l'air est admis dans la cavité D, si l'on veut que la machine élève beaucoup d'eau, et qu'elle se vide à des périodes réglées ; car, pendant tout le temps que le tube conique ne sera pas plein, il ne s'élèvera point d'eau. Un robinet à l'épreuve de l'air, produira l'effet désiré.

252. Dans d'autres expériences, M. *W. Close* plaça le tube raréfiant E dans le tube C destiné à l'ascension de l'eau, et les fit entrer tous les deux dans le vase sphérique ; ensuite il les sépara, et employa l'extrémité du tube à eau, comme support d'une soupape métallique qui, par son poids, fermait l'ouverture du tube E : à côté de ce dernier tube, il y en avait un autre plus petit, qui se terminait au dehors pour don-

ner issue à l'eau; et ils étaient fermés l'un et l'autre par l'extrémité du levier L ou par la soupape inférieure, qui s'ouvrait de six à sept fois dans une minute, et l'eau coulait toujours au dehors.

253. La branche du siphon qui descend dans le vase élevé H, fut rendue très longue, pour prévenir une stillation constante, et pour faire terminer tout à coup l'effet réciproque. Le siphon du vase descendant, ou le plus bas, fut rendu au moins aussi gros que l'autre, pour que le poids pût exercer promptement son effort, et fermer la soupape inférieure, immédiatement après avoir élevé l'autre. On suspendit le vase supérieur au côté du réservoir, et on le fournit d'eau par-dessus son bord avec un siphon dont l'une des ouvertures avait le diamètre convenable. La capacité du vase inférieur était d'environ cinq onces; celle du vase supérieur, de sept onces à peu près; mais on la diminuait quelquefois en introduisant un corps solide dans la partie supérieure, pour qu'elle fût plus promptement remplie. Le poids était d'un peu plus de six onces, et la longueur du levier était d'un pied. On avait pratiqué des trous à son bord inférieur, afin qu'on pût suspendre le vase et le poids à différentes distances du centre. L'eau s'élevait d'un pied au-dessus de la surface de celle du réservoir. Il n'y avait point de soupape qui empêchât la colonne d'eau de descendre chaque fois qu'on ouvrait la soupape inférieure.

CHAPITRE V.

Machines à colonne d'eau.

254. On appelle machines à colonne d'eau, celles qui ont pour moteur l'eau qu'un courant continu verse dans un tuyau vertical, et à laquelle on oppose un piston qu'elle repousse, mais que l'on fait revenir à sa première situation, après une course déterminée, en interceptant tout à coup la communication qu'il a avec la colonne d'eau, et en laissant écouler l'eau qui s'oppose à son retour.

255. Il paraît que l'on doit l'invention de cette espèce de machine à MM. *Denisart* et *de la Deuille*, qui, en l'année 1731, présentèrent à l'académie royale des sciences celle que nous allons décrire.

Machine de MM. *Denisart* et *de la Deuille*, Pl. XII, fig. 3.

256. Le réservoir *a*, qu'une source alimente continuellement, remplit le tuyau *a b c*, lequel communique avec le récipient *m m*, qui contient le piston *d*. Ce récipient a quatre ouvertures : la première marquée 1, communique avec le tuyau *a b c*; l'ouverture 2, avec le tuyau *z v*; l'ouverture 3, avec le tuyau *y y*; et enfin l'ouverture 4, avec l'issue *n* fermée par un robinet. Un second récipient *p p* semblable, fourni d'un même nombre de tuyaux et d'ouvertures, est placé parallélement au-dessus du premier, et son piston *h* communique par la tige *s* avec l'autre piston, de sorte que tous les deux sont assujettis aux mêmes mouvemens.

257. Lorsque la communication est ouverte entre les tuyaux *a b c*, *e f*, et les deux récipiens *m m*, *p p*, l'eau tendra à élever

les pistons avec une force équivalente au poids de deux colonnes d'eau, qui auraient pour base les pistons, et pour hauteur la distance verticale entre la surface inférieure des pistons, et le niveau de l'eau dans les réservoirs qui alimentent les deux tuyaux. Si l'on suppose qu'alors l'issue *n* soit libre, que la communication du récipient supérieur avec le tuyau *l l* soit ouverte, et que les autres soient fermées, les colonnes d'eau, en faisant monter les pistons, produiront les effets suivans : 1°. l'eau qui est au-dessus du piston *d* sera forcée de s'écouler par l'issue *n*; 2°. celle qui est au-dessus du piston *h*, sera refoulée dans le tuyau montant *l l*.

258. Si maintenant les communications qui étaient ouvertes, se ferment, et que les autres s'ouvrent, les colonnes d'eau *x x*, *y y*, comprimeront les pistons du haut en bas, les forceront de descendre, et cette descente fera d'un côté écouler par l'issue *g* l'eau qui est au-dessus du piston *h*, et, de l'autre, elle fera monter celle qui est dans le tuyau *z v*.

On voit que cette machine est à double effet, c'est-à-dire que la pression des colonnes d'eau s'exerce en dessus et en dessous des pistons; mais si l'on voulait se contenter d'un simple effet et d'un refoulement d'eau intermittent, on pourrait supprimer l'un des récipiens et tous les tuyaux qui y sont adaptés.

259. Les commissaires nommés par l'académie, ont déclaré avoir vu agir une machine que MM. *Denisart* et *Dueille* avaient exécutée à Sèvres, et que l'eau s'élevait d'elle-même à 32 pieds, par le moyen d'une chute de 9 pieds; que de 128 muids fournis par la source en un jour, pour entretenir le mouvement de la machine, il en montait 6, et il en descendait 114.

Machine de *Bélidor*, Pl. XII, fig. 4 et 5 (plan, élévation).

260. Cette machine est composée de deux tuyaux verticaux, l'un

desquels *a a* sert de descente à la colonne motrice; l'autre tuyau *b b* est celui par où monte l'eau que la machine élève. Le tuyau horizontal inférieur *c c* sert de communication entre les tuyaux verticaux *a a*, *b b*; le second tuyau horizontal *d d* est composé de la réunion de deux parties cylindriques de différent diamètre, chacune desquelles contient un piston; les deux pistons sont réunis par une tige *e*; celui qui se meut dans la partie la plus grosse, reçoit l'impulsion de la colonne motrice, l'autre refoule l'eau dans le tuyau montant *b b*.

261. L'extrémité du corps de pompe *d d* a trois ouvertures *f*, *g*, *l*; la première et la seconde introduisent l'eau dans le corps de pompe; la dernière laisse écouler l'eau.

262. Un robinet tournant *p*, dont on voit la coupe dans la fig. 5, est construit de telle sorte que, lorsqu'il se trouve dans la position indiquée par la figure, il laisse une libre communication entre la colonne motrice et le corps de pompe, mais il ferme l'issue *l*; au contraire, si on lui fait faire un quart de révolution, il intercepte la communication précédemment ouverte; et l'issue *l* étant ouverte, l'eau qui se trouve dans le corps de pompe en-deçà du piston, s'écoulera. Un régulateur dépendant du jeu de la machine même, ouvre et ferme le robinet.

263. Le tuyau montant *b b* a deux soupapes, l'une au-dessus et l'autre au-desous du corps de pompe, dans les endroits indiqués *t* et *u* fig. 5.

Le régulateur est mis en action par la tige même qui unit les deux pistons; ainsi le milieu de cette tige est traversé par un axe *q q*, qui lui donne la facilité de se mouvoir librement.

Les deux parties cylindriques *r* et *s* du corps de pompe ne sont point immédiatement réunies l'une à l'autre; elles sont adaptées à un demi-cylindre *o o* qui ne gêne aucunement le mouvement de l'axe *q q*.

264. Le régulateur construit à l'instar de ceux des anciennes machines à vapeur, est composé de plusieurs pièces. — 1, indique l'axe du robinet qui porte le levier 2 2, dont l'extrémité est retenue dans une coulisse 3 3 qui lui empêche d'avoir d'autre mouvement que celui de rotation horizontale. Ce levier a une ouverture 4 dans laquelle entre un bouton 5 adapté à une longue tige coudée 6 6 6, terminée par un étrier 7 : un tourillon 8 8 est enfilé dans les trous de l'étrier, et lui permet d'avoir un mouvement de rotation ; ce même tourillon est enfilé dans un autre étrier plus grand 9 9, qui entre carrément dans l'axe 10 10 soutenu par deux montans de bois, que l'on ne voit point dans les figures. L'axe 10 10 porte deux leviers 11 11, qui font angle droit entre eux et dont l'un s'appuie contre l'axe *q q* adapté à la tige des pistons ; un troisième levier 13, est terminé d'un côté par un poids 14, et de l'autre par une fourche 15 et 16 ; enfin deux courroies attachées à l'axe 14 sont arrêtées aux points 17 et 18.

265. Le jeu du régulateur est facile à concevoir : l'on suppose que les pistons s'avancent de droite à gauche, l'axe *q q* rencontrera le levier 11 11, le forcera de l'accompagner dans son mouvement et de faire tourner l'axe du régulateur 10 10 ; mais cet axe ne peut tourner qu'en imprimant un mouvement de rotation à l'étrier 9 9, et alors il tire à lui la longue tige 6 6 6 ; celle-ci fait mouvoir le levier 2 2 du robinet, et fait décrire à ce robinet un quart de révolution. Pendant ce temps, le poids 14 monte de gauche à droite, et, quand il est parvenu au point 19, le poids ayant passé la verticale, et se trouvant abandonné à lui-même, tombe subitement ; dans cet instant la griffe 16, rencontrant en chemin le boulon 20, force l'étrier de passer de la droite à la gauche, et fait cheminer la tige 666 en arrière. L'effet contraire a lieu quand les pistons rétrogradent.

Le corps de chaque piston est composé d'une virole fondue avec une espèce de collet; cette virole, dont l'extrémité est formée en vis, doit enfiler plusieurs rondelles de cuir soutenues par un anneau, qui les serre étroitement au moyen d'un écrou que porte la vis qui agit sur la virole.

266. Pour empêcher que la pesanteur des pistons ne contribue à faire user les rondelles de cuir plus promptement vers le bas que dans les autres parties, les tiges sont soutenues par deux galets.

Jeu de la machine.

267. Au commencement, l'eau descend par le tuyau *a*, comnique avec le tuyau horizontal *c c*, et monte librement dans le tuyau montant *b b* jusqu'à une hauteur égale à celle de la chute, parce que les soupapes *t* et *u*, étant poussées par-dessous, la force de l'eau les ouvrira pour se faire un passage. L'eau entre en même temps dans le petit corps de pompe et pousse les pistons dans le sens *b a*. Lorsque les pistons sont arrivés à la fin de leur course, le robinet *p*, qui fermait l'entrée du grand corps de pompe, fait subitement un quart de révolution pour ouvrir l'orifice d'impulsion et fermer celui de fuite; dès lors l'eau de la chute pousse les pistons dans le sens *a b*, et, dans ce mouvement, le petit piston refoule l'eau qui s'appuie sur sa base; l'eau refoulée ferme, par de sa pression, la soupape *t*, et ouvre la soupape *u*; par suite de ces effets, l'eau s'éleve dans le tuyau montant.

268. Le robinet fait un autre quart de révolution en sens inverse, pour fermer l'orifice d'impulsion et ouvrir celui de fuite; ainsi, l'eau que le gros corps de pompe renferme, s'écoule, et cesse d'agir contre les pistons, qui peuvent en conséquence obéir à l'impulsion rétrograde de l'eau, qui, en ouvrant la soupape *u*, s'introduit dans le petit corps de pompe. Dans

cet instant, la colonne d'eau ascendante, n'étant plus poussée de bas en haut, ferme par son poids la soupape *t*.

L'on voit qu'en continuant ainsi, le jeu alternatif du robinet *p* fait monter l'eau jusqu'à une hauteur déterminée, pourvu que le produit de la base du petit piston et de la hauteur de la colonne ascendante, soit moindre que le produit de la base du gros piston, par la hauteur de la chute.

Machine à colonne d'eau de *Holl*, Pl. XIV.

269. Cette machine fut construite à Schemnitz par *Holl*, en l'année 1751. Le moteur est une colonne d'eau de 277 pieds de hauteur, qui descend par un tuyau vertical *a a* de fer coulé, et qui, au moyen du tuyau horizontal *b b*, communique avec le cylindre en cuivre *c*, dont le diamètre est d'un pied. Ce cylindre contient un piston *d* surmonté d'un tirant *l*, qui est attaché au balancier *m* par l'intermédiaire d'une chaîne; ce même balancier soutient le tirant *n* qui correspond aux tiges du système de pompe *q* destiné à épuiser l'eau.

270. Le tuyau horizontal *b b* est garni de deux robinets *v* et *z*; le premier ouvre la communication entre le cylindre *c* et le tuyau; le second *z* donne issue à l'eau contenue dans le cylindre; un régulateur, que nous décrirons bientôt, ouvre et ferme alternativement ces deux robinets. Lorsque le robinet *v* est ouvert et le robinet *z* fermé, la colonne d'eau exerce sur le piston du cylindre une pression équivalente au poids d'une masse d'eau qui aurait pour base le piston et pour hauteur celle du tuyau *a a*, c'est-à-dire, à un poids de 18 milliers à peu près. Cette pression sert à élever le tirant *l* avec tout son attirail, qui consiste pareillement en deux balanciers *k k*, chacun desquels est surmonté d'une caisse chargée de fer; ils sont attachés au tirant par les chaînes 2 2. Le poids du balancier et du tirant *l* doit non-

seulement faire équilibre aux poids réunis du tirant *n*, des pompes, de leurs pistons et de la colonne d'eau à élever, mais encore il doit être en état de faire mouvoir toutes ces masses.

271. Ainsi la colonne d'eau ne fait autre chose ici que d'élever un poids qui est celui du tirant et de son attirail; et ce poids, abandonné ensuite à lui-même, produit l'effet utile. Pour cela, il faut intercepter la communication entre la colonne d'eau et le cylindre, et laisser écouler l'eau que ce cylindre contient; on obtient ce double effet en fermant le robinet *v* et ouvrant le robinet *z*.

272. Quand le tirant *l* descend, il fait monter le tirant *n* des pompes par l'intermédiaire du balancier *m*. L'élévation de ce tirant produit celle de tous les pistons des pompes; son seul poids suffit non-seulement pour abaisser les pistons, mais aussi pour élever une caisse *p* remplie de pierres et adaptée au balancier *o*. Elle est destinée à aider le tirant *n* dans son mouvement ascensionel.

273. Le mouvement de la machine dépend de l'ouverture et de la fermeture des deux robinets; il fallait imaginer un moyen de faire exécuter cette opération par la machine même. Le mécanisme adopté par *Holl*, est analogue à celui qui fut mis en usage dans les anciennes machines à vapeur.

274. Voici quel est ce régulateur. Au balancier *k* est attachée une poutrelle 3, garnie de deux chevilles placées à des distances déterminées. Quand la poutrelle descend, elle rencontre le levier coudé 4, qui agit sur un autre levier 5 5, armé d'une griffe dans sa partie inférieure, ce levier le repousse et oblige la griffe à abandonner le poids 6 qu'elle soutenait; ce poids étant libre fait tourner le levier coudé 7 7 auquel il est adapté; et au moyen de la chaîne 8, il fait avancer une tige horizontale 9 9 à laquelle correspondent les queues des robinets, qui sont tellement dis-

posées que ce mouvement fait ouvrir l'un et fermer l'autre.

275. Si la poutrelle remonte, sa cheville inférieure agit sur le levier 10, dont une des branches porte une griffe qui soutenait le poids 11. Ce poids fait alors tourner son levier 12, et la chaîne 13 à laquelle il est uni, tire la tige horizontale 9, ferme le robinet qui était ouvert, et ouvre celui qui était fermé. L'emploi de la poutrelle est donc de dégager successivement les poids 6 et 11, et ce sont ces poids qui agissent sur les robinets; mais, quand ils ont agi, il faut leur faire reprendre leur première situation et les forcer de s'adapter aux griffes de retenue. Cet effet est produit par le balancier *k*, à l'égard du poids 6; et par la poutrelle 3 à l'égard du poids 11; car, si le balancier *k* monte, la chaîne 14 force le poids de monter aussi à la hauteur de la griffe; si le balancier et la poutrelle descendent, la chaîne 15 15 qui passe sur la poulie 16, entraîne le poids 11, et l'accroche à sa griffe.

La course du piston dans le cylindre *c* est de six pieds trois pouces. Cette machine donne jusqu'à huit coups de piston dans une minute : lorsqu'on veut l'arrêter, on ferme le robinet *v*.

276. *Jars* rapporte dans ses *Voyages métallurgiques*, t. 2, pag. 154, que quatre machines à peu près semblables avaient été établies à Schemnitz. Deux d'entre elles élevaient en 24 heures 13 à 14,500 pieds cubes d'eau d'une profondeur de 660 pieds, et en consommaient 71,645 pieds. La troisième avec la même quantité d'eau extérieure, en enlevait 39,000 pieds d'une profondeur de 204 pieds. La quatrième enfin, dont le cylindre est beaucoup plus petit, avec 17 à 20,000 pieds cubes d'eau extérieure et une chute de 251 pieds, en élevait 11,500 pieds cubes de 144 pieds de profondeur et 17,200 d'une profondeur de 88 pieds.

Quand on a une grande chute d'eau disponible, on peut la

faire agir sur les machines de deux manières différentes, ou en se servant de la méthode que nous venons de décrire, ou bien, on peut placer plusieurs roues à augets l'une au-dessus de l'autre, comme on le pratique à Freyberg et dans quelques autres exploitations. La première paraît préférable sous les deux rapports de l'économie et de la moindre dépense.

Dans le quatrième livre, nous donnerons la description d'une machine à colonne d'eau et à double effet, c'est-à-dire, d'une machine où la pression de l'eau produit alternativement l'élévation et la pression du piston.

CHAPITRE VI.

Beliers hydrauliques.

277. Le belier hydraulique, dont l'invention à été attribuée à *Montgolfier*, fut exécuté en 1794. Cette machine très-remarquable par sa simplicité et par son utilité dans plusieurs circonstances, se compose ordinairement (Pl. XV, fig. 8) : 1°. d'un réservoir M dans lequel est l'eau maintenue constamment au même niveau par celle qui la remplace ; 2°. du corps de belier ou coursier Q aboutissant au réservoir d'air X surmonté du tuyau d'ascension L ; 3°. de la soupape d'ascension *p*, s'ouvrant dans le réservoir d'air ; elle est destinée à empêcher que l'eau qui se trouve sous la cloche, ainsi que celle élevée dans le tube ascendant ne retourne dans le coursier ; 4°. de la soupape d'arrêt F, s'ouvrant dans le corps du belier ; elle interdit la sortie à une portion de l'eau qu'il renferme. Cette soupape est garnie d'une tige, au bout de laquelle se trouve une palette inclinée H.

278. L'effet du belier dépend de la percussion produite par

le courant d'eau qui traverse le tuyau Q, et qui étant arrêté tout d'un coup par la fermeture de la soupape *l* exerce son action sur la soupape ascensionelle *p* qui est la seule partie mobile que l'eau rencontre alors. Dans le belier, il n'y a que ces deux soupapes qui soient mises en mouvement. L'ouverture de la soupape d'arrêt, en laissant écouler l'eau, lui fait reprendre la vitesse dont elle a besoin pour agir; et sa fermeture produit le choc. La soupape ascensionelle en s'ouvrant laisse un libre passage à l'eau qui entre dans le réservoir d'air X et dans la tuyau L; et, en se fermant, elle empêche que l'eau élevée ne retombe. Quand l'une des deux s'ouvre, l'autre se ferme; et ainsi de suite.

279. Le réservoir d'air X produit deux effets: le premier est de diminuer la violence du choc, en le faisant agir sur l'air, qui est doué d'élasticité; le second est de produire, comme dans les pompes, un écoulement continu.

280. Voici comment le belier agit. Que l'on suppose la soupape F ouverte, l'eau commencera à se mouvoir dans le tuyau Q, et, lorsqu'elle aura acquis assez de vitesse pour que le jet rencontre la palette oblique H, la soupape F se fermera; alors l'eau renfermée dans le tuyau Q fait effort sur les parois de ce tuyau et cherche à s'ouvrir un passage; elle rencontre la soupape *p*, exerce contre elle toute son activité; et, en ouvrant la communication entre le tuyau et le réservoir d'air, elle permet à l'eau de s'y insinuer jusqu'à ce qu'elle éprouve une résistance qui détruit toute sa vitesse. Cette vitesse détruite, la soupape *p* doit nécessairement obéir à la pression de la colonne d'eau quelle supporte; et alors elle se ferme.

281. La fermeture de la soupape *p* est suivie d'un mouvement rétrograde de l'eau dans le tuyau Q, mouvement produit par l'élasticité de ce tuyau, qui se dilate au moment qui précède le choc, et se contracte après. La rétrogradation de la co-

lonne d'eau produit une espèce de vide derrière la soupape d'arrêt F; celle-ci, pressée par le poids de l'air extérieur et par celui de la tige, est obligée de s'ouvrir. L'eau s'écoule alors par l'ouverture E, reprend sa vitesse, frappe contre la palette oblique, qui fait remonter la tige de la soupape, que le courant même de l'eau ferme complètement. C'est alors qu'un second choc a lieu, et ainsi de suite.

282. Plusieurs savans distingués se sont occupés de la théorie du belier hydraulique, et ont fait des expériences pour connaître les lois qui régissent son action. Parmi eux on distingue M. *Eytelwein* de Berlin, qui a publié sur ce sujet un fort bon mémoire dont M. *Girard* prépare la traduction; MM. *Pino* et *Racagni* dont on lit un mémoire intéressant dans les *Atti della Società italiana dell' Scienze*, tome X; M. *Brunacci*, dont les sciences regrettent la perte prématurée, qui a publié en 1813 un traité théorique et expérimental sur le belier hydraulique, intitulé *Trattato dell' ariete idraulico del cavaliere Brunacci*; M. *Dalnegro*, habile professeur de Padoue, qui a fait aussi plusieurs expériences sur cette importante machine.

283. Nous décrirons les principales variétés de beliers hydrauliques, après avoir rapporté les résultats les plus importans des expériences faites par les savans que nous venons de citer.

Expériences de Brunacci.

284. Le belier que ce savant distingué a employé dans ses expériences, est celui représenté figure 8 (Pl. XV). Il a d'abord remarqué que chaque fois que la soupape d'arrêt se fermait, le tuyau Q éprouvait une sorte de pulsation, et qu'on le voyait très-distinctement se dilater et se contracter successivement. Il a remarqué aussi qu'alors la machine souffrait une secousse très-violente qui la poussait en avant et qui l'aurait

détraquée, si elle n'eût été établie avec une solidité suffisante.

285. Voici les principaux résultats de ses expériences.

1°. Le tuyau montant L, ayant une longueur déterminée de trois mètres, si l'eau arrive au dégorgeoir O en deux *coups de belier*, il lui en faudra huit pour arriver à une hauteur double, dix-sept à une hauteur triple.

2°. La quantité d'eau qu'un certain nombre de coups de belier fait sortir du dégorgeoir O, est d'autant plus forte, toutes choses égales d'ailleurs, que la hauteur L O du tuyau montant est moindre : de manière que le produit du bélier hydraulique est d'autant plus avantageux qu'il élève l'eau à une moindre hauteur.

3°. La longueur du tuyau ou corps du belier Q a beaucoup d'influence sur le produit de la machine; plus il est long, plus la durée de chaque coup de belier est longue; de sorte que, si le belier donne 10 coups en 20 secondes, quand le tuyau a douze mètres de longueur; il donnera le même nombre de coups en 14 secondes, si on réduit la longueur du conduit à huit mètres; et en 10 secondes, si on le réduit à quatre mètres.

4°. La longueur du tuyau Q ralentit la vitesse des coups; mais, d'un autre côté, cette longueur augmente la quantité d'eau qui s'élève à chaque coup; de sorte que, lorsque le conduit avait douze mètres de longueur et élevait en dix coups une certaine quantité d'eau à trois mètres de hauteur, en le réduisant à la longueur de quatre mètres, il n'en élevait plus qu'un tiers à peu près. Ainsi l'augmentation de longueur du tuyau Q produit à la fois une perte et un gain; la perte dépend du ralentissement de vitesse; le gain, de la plus grande quantité d'eau élevée à chaque coup; il doit donc y avoir une telle longueur qui donne le maximum de produit, il serait très-utile de la connaître; mais *Brunacci* déclare que le nombre de ses expériences n'a pas été assez grand pour la déterminer.

5°. Si l'on éloigne la palette H de l'embouchure E, on remarque que les coups sont plus lents, parce qu'il faut plus de temps avant que l'eau ait acquis une vitesse suffisante pour atteindre le plan incliné et le faire remonter; mais aussi, à chaque coup, la quantité d'eau élevée est plus grande. On a donc un moyen facile d'augmenter ou de diminuer la vitesse des coups; il suffit d'établir la palette H sur la tige, de sorte que, par le moyen de deux écrous, elle puisse être avancée et reculée. Ce mécanisme ingénieux est dû à *Brunacci*

6°. La quantité d'eau perdue (c'est ainsi qu'on appelle celle qui coule par l'ouverture E) est d'autant plus grande que les coups sont moins accélérés.

7°. *Brunacci* a examiné ce qui arrive lorsque le réservoir d'air augmente effectivement la quantité d'eau que le belier élève; l'expérience lui a démontré que si l'ouverture du tuyau ascendant est égale ou plus grande que l'embouchure du tuyau horizontal ou corps du belier, le réservoir d'air n'augmente point la quantité d'eau élevée; mais que, si l'ouverture du tuyau ascendant est moindre, alors l'air contenu dans le réservoir produit effectivement une augmentation dans la quantité d'eau élevée; et l'augmentation est d'autant plus grande que cette ouverture est plus petite tout étant égal d'ailleurs.

8°. L'augmentation dont nous venons parler est plus grande, lorsque que la capacité du réservoir est considérable, mais jusqu'à un certain point, dépassé lequel cette capacité devient plus nuisible qu'utile. Parce que plus il y a d'air dans le réservoir, et plus l'eau y entre en grande abondance à chaque coup, mais aussi le nombre des coups est diminué; de sorte qu'il y a une telle grandeur de réservoir qui donne un maximum.

9°. Le réservoir d'air diminue l'ébranlement que le choc tend à faire éprouver à la machine; mais cet effet n'a lieu que dans

les cas où l'ouverture du tuyau vertical est moindre que celle du tuyau horizontal, et il est d'autant plus grand que la différence des ouvertures est plus grande.

285 *bis*. *Brunacci* fit ensuite un grand nombre d'expériences sur des beliers de différentes dimensions pour reconnaître la quantité d'eau élevée dans une heure; la quantité perdue en même temps, et le nombre des coups de belier. Le tableau suivant contient les résultats de plusieurs expériences qu'il a faites. On doit remarquer que la hauteur de la chute d'eau employée a été constamment de 1 $^{\text{mèt.}}$, 172. Le diamètre du tuyau inférieur des beliers a toujours été de 0 $^{\text{mèt.}}$, 1; le diamètre du tuyau montant de 0 $^{\text{mèt.}}$, 0028; le réservoir d'air avait 1 $^{\text{mèt.}}$, 02 de hauteur; et 0 $^{\text{mèt.}}$, 29 de diamètre.

Longueur du tuyau horizontal.	Hauteur du tuyau vertical prise au-dessus de la soupape.	Nombre des coups de belier dans une heure.	Quantité d'eau élevée.	Quantité d'eau perdue.
mètres.	mètres.		mètres cubes.	mètres cubes.
11,614	13,430	1384	0,7461000 . .	15,1697355.
	10,956	1636	1,0959627 . .	15,1884344.
	7,860	1756	1,6172552 . .	15,4981545.
	4,678	1894	2,5329846 . .	14,9918627.
7,936	13,430	2057	0,4824576 . .	12,9902010.
	10,956	2117	0,7907379 . .	13,5333762.
	7,860	2250	1,2243690 . .	13,6944900.
	4,678	2571	2,1749888 . .	13,6944900.
4,218	13,430	3130	0,2911148 . .	13,3724240.
	10,956	3428	0,5216948 . .	14,0857189.
	7,860	3428	0,7767670 . .	14,0857189
	4,678	3600	1,4877324 . .	14,2422696

Expériences de Eytelwein.

286. Ses expériences se combinent avec celles de *Brunacci* pour prouver que la chute et la hauteur d'ascension influent sur le rapport des effets que produisent les beliers les mieux disposés; et que ces effets diminuent à mesure que le rapport en-

tre la chute et la hauteur d'ascension augmente; c'est un inconvénient particulier de cette machine. La table suivante indique les progrès de cette diminution.

Rapport de la hauteur d'ascension à la chute.	*Rapport de l'effet utile à la quantité de force motrice dépensée.*
1 ou égalité entre les deux hauteurs	0,920.
2.	0,837.
3.	0,774.
4.	0,720.
5.	0,673.
6.	0,630.
7.	0,591.
8.	0,555.
9.	0,520.
10.	0,488.
11.	0,457.
12.	0,427.
13.	0,399.
14.	0,372.
15.	0,345.
16.	0,320.
17.	0,295.
18.	0,272.
19.	0,248.
20.	0,226.

287. *Eytelwein* pense que, dans les cas où il s'agit d'élever l'eau à une hauteur considérable au moyen d'une petite chute, il serait plus avantageux de se servir de plusieurs beliers disposés à diverses hauteurs, que d'en employer un seul qui élèverait l'eau d'un seul jet. Le premier des beliers déchargerait l'eau dans un réservoir placé quelques pieds au-dessous du point le plus haut du tuyau ascendant; cette disposition formerait une chute d'eau qui animerait un second belier, dont le

tuyau horizontal serait placé dans ce réservoir; de ce second belier l'eau serait transmise à un troisième, et ainsi de suite.

288. *Eytelwein* a comparé l'effet d'un belier à celui des pompes mues par une roue à augets, et il a reconnu, 1°. que, si la hauteur d'ascension est égale à quatre hauteurs de la chute, le belier élève près d'un septième plus d'eau que les pompes; 2°. que, si la hauteur d'ascension est six fois celle de la chute, les effets des deux machines seront égaux; 3°. que, si cette hauteur est supérieure, le belier ne pourrait pas être employé avec avantage, à moins qu'on n'augmentât ses effets en appliquant un belier double ou à deux étages.

289. Le belier comparé aux pompes mues par une roue à aubes donne un effet plus grand, si la hauteur d'ascension est moindre que douze fois celle de la chute; dans ce dernier cas les pompes sont préférables.

290. *Eytelwein* a aussi fait des recherches intéressantes sur les dimensions et les dispositions les plus convenables des différentes parties d'un belier; il a reconnu :

1°. Que dans aucun cas il n'est avantageux de donner à l'orifice de la soupape un diamètre plus petit qu'au coursier, parce qu'on diminue par là, non-seulement le rapport des effets, mais même la quantité d'eau à élever. Il y aurait moins d'inconvénient à augmenter l'ouverture de la soupape au-delà du diamètre du coursier. Ainsi, pour qu'un belier soit bien construit, il faut que l'orifice de la soupape d'arrêt soit un peu plus grand que la section transversale ou le diamètre du coursier.

2°. Que moins le coursier a de longueur, et plus la soupape doit s'ouvrir; et moins elle s'ouvre, plus le rapport entre la chute et la hauteur d'ascension diminue.

3°. Qu'il est avantageux de ne donner à la soupape d'arrêt que le poids nécessaire pour assurer la solidité du belier.

4°. Que la position la plus avantageuse de la soupape d'arrêt est lorsqu'elle est placée immédiatement près du réservoir d'air.

5°. Que pour déterminer le diamètre du coursier le mieux approprié au belier hydraulique, il ne faut pas s'écarter de la règle pratique suivante : *Extraire la racine carrée de la quantité d'eau employée, exprimée en pouces cubes, et diviser le quotient par 25;* et, pour déterminer la longueur de ce coursier, *prendre la longueur du tube ascendant, plus la valeur double du rapport de la chute à la hauteur d'ascension.*

6°. Que le tube d'ascension doit être dressé verticalement sans se courber près de son embouchure : sans cela, il serait trop fortement ébranlé par le choc de l'eau contre le coude de son embouchure, et une partie de la force serait perdue.

7°. Qu'il faut que le diamètre du tube ascendant ne soit pas trop petit; et que la dimension qui lui convient le mieux est la moitié du diamètre du coursier.

8°. Qu'il y a de l'avantage et de l'économie à construire le coursier et le tube d'ascension en fonte, le réservoir d'air et la boîte à soupape, en cuivre rouge, et toutes les soupapes et le robinet du coursier, en cuivre jaune. Dans les machines de très-grande dimension, on pourrait employer des boîtes à soupapes et des réservoirs d'air en fonte. Il faut que le battant de la soupape d'arrêt soit en cuivre jaune bien forgé à froid.

Résultats de quelques observations faites sur divers beliers.

291. Il paraît que le plus grand belier qu'on connaisse est celui que MM. *Watt* et *Bolton* ont construit à Soho. Le coursier ou tuyau horizontal de ce belier a trois décimètres et demi de diamètre; il est mû par une chute d'un mètre de hauteur, et il élève l'eau à 9 mètres d'élévation. Suivant *Montgolfier*, ce belier élève 224 mètres cubes d'eau en un jour.

M. *Fay-Sathonay*, de Lyon, a fait construire, en 1807, un belier mû par une chute de 10 mètres et demi. Le coursier a 36 mètres de longueur; l'eau est élevée à la hauteur de 36 mètres, par un tuyau incliné long de 230 mètres; la quantité d'eau motrice est de 83 litres et demi dans une minute; l'eau élevée est la cinquième partie de cette quantité, ce qui donne à peu près 24 mètres cubes en un jour.

(a) Un belier construit à Senlis, chez M. *Turquet*, dépensait en trois minutes 1639 litres; le produit, dans le même temps, était de 268 litres élevés à 14 pieds 2 pouces. La source qui mettait ce belier en action avait 3 pieds 2 pouces de chute.

292. En l'an 12, on fit, à l'école polytechnique une expérience sur un belier. La hauteur de la chute était 1 mètre 82, celle de l'ascension, 11 mètres 66; le tuyau de la colonne active avait 54 millimètres de diamètre, et 10 mètres de longueur; le tuyau ascendant, qui était en fer-blanc, avait deux centimètres de diamètre, et 11 mètres 66 d'élévation; sa longueur totale était de 32 mètres 67. La soupape d'écoulement se fermait de 40 à 42 fois par minute.

Eau tombée en dix minutes . . . . 493,7 litres.
Eau élevée pendant le même temps. 51,8

293. Un belier construit par *Montgolfier*, à Paris, rue des Juifs, a donné les résultats suivans : La chute était de 2 mètres 6; la colonne active avait 0,108 de diamètre; la colonne passive 0,054 de diamètre, et 10 mètres 4 de longueur. La conduite d'élévation, y compris le tuyau ascendant, était de 29 mètres de longueur, son diamètre intérieur de mètres 0,127; la hauteur à laquelle l'eau était élevée, de 16 mètres 06; la soupape d'écoulement se fermait 104 fois par minute.

(*a*) *Journal des mines*.

Eau dépensée en dix minutes. . . . . 676 litres.

Eau élevée en même temps. 62,4

294. On distingue trois sortes de beliers : 1°. les beliers simples à tuyaux fixes ; 2°. les beliers aspirateurs ; 3°. les beliers à tuyaux mobiles.

Beliers simples à tuyaux fixes, Pl. XV, fig. 1, 2, 6 et 8.

295. On connaît plusieurs variétés de beliers simples, qui sont construits sur le même principe, mais qui diffèrent par la disposition de leurs parties appropriées aux localités où ils doivent être placés. Ainsi tous ces beliers ont un coursier au bout duquel se trouvent les deux soupapes d'arrêt et d'ascension, la dernière desquelles est surmontée par la cloche d'air, d'où part le tuyau montant; mais, si le belier doit recevoir l'eau d'un réservoir, on le dispose de la manière indiquée fig. 1 (Pl. XV). S'il doit recevoir immédiatement l'impulsion d'un courant, on lui donne une forme analogue à celle que représente la fig. 8.

296. La fig. 4 (Pl. VIII) représente le belier tel que *Montgolfier* le construisit dans les dernières années de sa vie. Ce belier est supposé adapté à un ruisseau, dont on a arrêté et soutenu les eaux, à leur plus grande hauteur, au moyen d'une digue en maçonnerie. — A indique le niveau supérieur des eaux sur la digue. — B, digue en maçonnerie. — C, regard ou loge voûtée et fermée d'une porte. — D D, coupe du terrain dans lequel est placée la machine. — E, grille en fer, en avant de l'entrée du corps du belier. — F G, entrée du corps du belier, évasée en entonnoir pour faciliter l'introduction de l'eau. Cette pièce est fixée à chaux et à ciment dans le massif de la digue. — H H, portion du premier et du dernier tuyau formant le corps du belier. La longueur totale de cette conduite varie depuis 50 jusqu'à 100 pieds, suivant les hauteurs de chute et celles d'ascension; son

diamètre est le même que celui du belier. — I, tête de belier proprement dite. K L, tuyau d'écoulement pour les eaux dépensées par le belier. — M M, dé en pierre pour soutenir les tuyaux et la tête du belier. — N, coupure nécessitée par l'éloignement de la digue A au regard, qui n'a pu être rendue sur cette échelle.

297. Passons maintenant aux détails de la tête du belier. — *a*, réservoir d'air communiquant à la tête I par l'ouverture que ferme la boule ou soupape d'ascension *c*. — *b*, porte-soupape d'ascension, garnie de rondelles de cuir dans le fond. — *e*, boule ou soupape d'arrêt creuse en métal. — *f*, grand orifice du belier, par lequel s'échappent les eaux. Il est garni de rondelles de cuir. — *g*, espèce de muselière composée de six tiges de métal, pour contenir la boule *e* à une distance convenable de l'orifice. Il y en a une pareille, mais plus petite, à la boule d'ascension *c*. — *h*, naissance du tuyau d'ascension réuni au réservoir d'air *a*, par deux brides et des vis en fer. Ce tuyau se prolonge à deux pieds sous terre, à moins qu'il n'y ait quelque obstacle jusqu'au point où doivent être conduites les eaux. — On doit le munir au point *h* d'un petit robinet, pour le vider dans les fortes gelées et pendant les réparations.

298. On emploie, pour la construction du corps du belier F G H, la fonte de fer, le cuivre battu et le plomb moulé; pour le tuyau d'ascension *h*, la fonte de fer, le cuivre battu, le plomb coulé et laminé, et même le bois pour les petites hauteurs. Les têtes de belier sont en fonte de fer ou de cuivre.

La digue A peut être remplacée par une simple levée en terre soutenue par des pieux entrelacés de fortes claies; le regard C peut l'être aussi par une caisse garnie de son couvercle, le tout en fort bois de chêne.

On a soin de placer à un pied ou deux en avant de l'entrée

du corps du belier, une grille en fer, cuivre, plomb, ou bois, suffisamment serrée pour s'opposer à l'introduction des joncs, feuilles et autres corps étrangers; il faut que l'ensemble des ouvertures qu'elle présente excède de cinq fois au moins la surface d'une section du tuyau; il faut avoir soin de la nettoyer souvent.

299. On remarque dans cette machine les perfectionnemens suivans:

1°. L'évasement de l'entrée du corps du belier, suivant une courbe qui favorise le plus possible l'entrée des eaux, et augmente par-là le produit de la machine.

2°. Les clapets d'arrêt et d'ascension remplacés par des boulets creux en métal, qui offrent plus de simplicité et de solidité, sont moins sujets à être arrêtés par le passage fortuit d'un corps étranger, et plus faciles à remplacer en cas d'accident. En outre, comme ils gênent moins le passage de l'eau, ils augmentent par-là le produit.

3°. L'addition de la petite soupape d'aspiration qui sert à introduire à chaque pulsation une quantité d'air dans la tête du belier, d'où elle est ensuite chassée à la pulsation suivante dans le réservoir *a*, qui serait bientôt rempli d'eau, si on ne remplaçait continuellement, par ce moyen, l'air absorbé par le contact de l'eau sous une forte pression.

4°. L'espace contenu entre la porte-soupape d'ascension *b* et les parois intérieures de la tête du belier, contient un volume d'air qui ne peut être chassé dans le réservoir, mais qui, à chaque pulsation du belier, se comprime et reçoit le premier effort des eaux en mouvement. Il en résulte que la fermeture des boulets ou soupapes fait moins de bruit, et que toutes les opérations ont lieu avec plus de lenteur: la machine en est moins ébranlée et moins sujette à réparation.

Beliers à siphon, Pl. XV, fig. 2 et 6.

300. Une portion de l'eau est supposée se décharger à la partie supérieure du siphon par une soupape placée à l'entrée du réservoir d'air.

Par cette disposition, le courant d'air établi dans le siphon fermera la soupape d'arrêt, quand l'impulsion de l'eau sera suffisante pour surmonter l'action du contre-poids qui la tenait ouverte : alors la masse d'eau en mouvement, qui remplit la première branche, sera brusquement arrêtée, et une portion d'eau sortira par la soupape. Le courant sera donc interrompu dans la branche courte du siphon, mais l'eau qui se trouve dans la longue branche continuera à se mouvoir quand la soupape d'arrêt sera fermée, et le vide qu'elle tendra à produire sera rempli par l'eau que l'air, en se raréfiant, fera sortir du réservoir.

301. On s'est proposé (fig. 6) de faire passer l'eau motrice par-dessus une colline ou une digue, et d'en élever une portion à une hauteur indéfinie. Pour remplir ces conditions, la soupape d'arrêt est placée à l'extrémité inférieure de la longue branche du siphon C X. Lorsque cette soupape se ferme par l'action du courant dans le siphon, l'effort de l'eau qui se trouve tout à coup arrêtée ouvre la soupape, une portion d'eau passe dans le réservoir d'air, et s'élève dans le tuyau D D à la hauteur que l'on veut.

302. Pour mettre en jeu la machine (fig. 2) il suffit de remplir d'eau les siphons, soit en la faisant monter par succion, soit en l'introduisant par la partie supérieure, après avoir fermé les deux bouts inférieurs des branches : le courant une fois établi, le mouvement de ces machines s'entretient de lui-même et continue d'avoir lieu sans interruption.

Beliers à flux et reflux, Pl. XV, fig. 4 et 7.

303. Ces beliers doivent avoir deux soupapes d'arrêt, deux soupapes d'ascension, deux réservoirs d'air, et enfin deux tuyaux montans; en un mot, ce sont deux beliers accolés, dont l'un sert pour le flux et l'autre pour le reflux. Les fig. 4 et 7 indiquent deux dispositions de belier à flux et reflux. Dans l'une et dans l'autre figure, C C indique le coursier; B B les soupapes d'arrêt; A A les soupapes d'ascension; I I les réservoirs d'air; D D les tuyaux montans. Les beliers à flux et à reflux sont destinés à élever l'eau de la mer pour les salines ou d'autres usages.

Beliers aspirateurs, Pl. XV, fig. 1 et 8.

304. Les beliers aspirateurs se distinguent des beliers simples en ce qu'ils ont, outre les parties qui composent ces derniers, un tuyau vertical placé au-dessous du réservoir d'air, et qui sert de tuyau d'aspiration. Cette machine est applicable à certains cas où l'eau qu'il faut élever est inférieure au niveau du courant que l'on a disponible. On pourrait peut-être s'en servir pour épuiser l'eau de la cale d'un navire en mettant à profit le mouvement même du vaisseau.

La soupape d'ascension A est placée entre le canal et le réservoir d'air. — B indique la soupape d'arrêt garnie du contrepoids qui sert à l'ouvrir. — C coursier. — D tuyau d'aspiration qui est adapté au réservoir d'air. — E réservoir d'air.

305. Lorsque l'eau a acquis dans le coursier une vitesse convenable, la soupape d'arrêt se ferme et empêche l'eau d'y entrer. Celle qui le remplit, continuant à se mouvoir, entraîne avec elle une portion de l'air qui occupe le réservoir et qui se dilate. Dans le même temps l'eau inférieure s'élève dans le tuyau

aspirateur à une hauteur proportionnée à la raréfaction de l'air dans le réservoir. Aussitôt que la masse d'eau a perdu sa vitesse dans le coursier, la soupape d'arrêt s'ouvre, l'eau reprend sa première vitesse dans le canal, et les mêmes effets que nous venons de décrire recommencent. Après plusieurs coups successifs, l'eau inférieure qui s'est élevée graduellement dans le tuyau d'aspiration, se dégorge dans le réservoir d'air et de là dans le canal, d'où elle est emportée avec l'eau du courant.

306. Avant de décrire les beliers à tuyaux mobiles, il ne sera pas inutile d'examiner la structure des diverses soupapes qui ont été proposées.

Soupapes.

307. *Montgolfier* préférait à toutes les autres soupapes, des globes retenus au-dessus des ouvertures qu'ils doivent fermer par une espèce de cage formée par la réunion de quelques tiges de cuivre rouge ou d'étain; ces globes sont reçus entre les parois intérieures de ces ouvertures, où ils s'appliquent sur une garniture composée de bandes de toile coupées diagonalement à la direction des fils de chaîne. Ces bandes, après avoir été plongées dans un goudron chaud, sont roulées à plusieurs tours sur une virole en plomb, d'un diamètre moindre d'un quart que celui du globe qui se moule en quelque sorte dans cette pièce, ce qui ne laisse absolument aucun passage à l'eau. La forme parfaitement sphérique de ces globes, fait qu'il importe peu par quelle partie ils viennent s'appliquer sur les parois de l'ouverture. Cette disposition prévient tout dérangement, et les globes, d'une matière dure et polie, pressés et frottés tantôt sur un point et tantôt sur l'autre, n'éprouvent aucun changement de forme, même lorsqu'ils ont servi très-long-temps.

308. Après avoir essayé des globes,[1] soit creux, soit solides,

d'un assez grand nombre de substances, M. *Montgolfier* fils a reconnu que l'on devrait préférer, dans la pratique, des globes pleins et faits en agate, si l'on pouvait s'en procurer aisément et à peu de frais qui soient parfaitement sphériques, mais seulement pour les diamètres de 3 pouces et au-dessous. Au-dessus on doit préférer les globes creux de cuivre ou de fer fondu, d'une épaisseur telle qu'ils ne pèsent pas plus de deux fois le volume d'eau qu'ils déplacent.

309. L'usage de ces globes a été indiqué par *Bélidor* et autres auteurs; mais il paraît que, n'ayant pas employé les précautions que nous venons de décrire, leur usage était sujet à des inconvéniens qui les avaient fait négliger jusqu'à ce jour.

310. La soupape d'arrêt du belier se ferme par l'impulsion du courant d'eau dans le coursier, mais il faut une force étrangère pour l'ouvrir. On emploie donc à cet effet, tantôt un ressort à boudin qui presse contre la queue de cette soupape; tantôt un poids placé à l'extrémité d'une tige et adapté à la soupape, de telle sorte qu'il fasse un angle droit avec son plan. Ce poids doit être placé de manière à pouvoir être éloigné ou rapproché de la soupape en lui faisant parcourir un certain espace le long de la tige; on l'arrête par une vis de pression.

311. M. *Brunacci* a donné à ce poids une forme très-ingénieuse; ce sont deux plans inclinés qui se réunissent dans le point le plus bas, comme on voit figure 8. Lorsque la soupape F est ouverte, le poids H se trouve dans la position indiquée par les lignes ponctuées; alors l'eau sort librement; le poids ou palette H doit être à un tel éloignement de l'extrémité du coursier, que le jet d'eau qui en sort aille frapper le plan incliné qu'il présente lorsque le courant a acquis la vitesse convenable. Ce poids choqué obliquement oblige la tige de remonter; la soupape, commençant à se fermer, donne prise au courant qui la ferme

entièrement. Lorsqu'ensuite la vitesse du courant a été aneantie, le poids H aidé par le mouvement rétrograde de la masse d'eau contenue dans le coursier, ouvre la soupape. On conçoit aisément que, par cette disposition à la fois simple et ingénieuse, on a la faculté d'accélérer ou de retarder les pulsations du belier, qui seront d'autant plus rapides que la palette sera plus rapprochée de la soupape. (Dans le *Traité de la composition des Machines*, nous avons représenté diverses soupapes imaginées par *Bolton;* elles ont le défaut d'être trop compliquées, voilà pourquoi nous nous abstiendrons d'en donner une description détaillée; d'ailleurs on pourra facilement en comprendre le jeu en jetant un coup d'œil sur les fig. 7, 14, 15, 16, 17 et 22 de la Pl. XXXIII du susdit Traité.)

Beliers à tuyaux mobiles.
Machines de Demours, Pl. XV, fig. 5.

312. Cette machine, qui fut approuvée par l'académie des sciences, est peut-être la plus ancienne de ces sortes d'inventions. Un tube incliné *a b* est fixé aux extrémités des bras horizontaux *c* et *d* implantés dans l'arbre vertical *f*, qui sert d'axe; l'extrémité inférieure *b* du tube plonge dans l'eau d'un bassin. Quand on fait tourner cette machine avec une vitesse suffisante, à l'aide d'une manivelle *e* ou de tout autre moyen, l'eau sort par l'orifice supérieur; cet effet est dû à la force centrifuge de toutes les molécules d'eau qui remplissent le tube.

313. Cette invention a été reproduite à différentes époques, avec quelques modifications. Ainsi M. *Ducrest* en a fait sa pompe tournante (voyez *Essai sur les machines hydrauliques*); M. *Viallon*, son double serpenteau (voy. *Journal de physique*, cahier d'avril 1798); *Bolton*, son belier tournant, à tuyau vertical; M. *West*, sa spirale tournante. Nous nous bornerons à décrire ces deux derniers.

Belier tournant à tuyau vertical de *Bolton*, Pl. XV, fig. 3.

314. *a* est un réservoir d'air environné par le tuyau *b b* recourbé en spirale; il peut faire une ou plusieurs révolutions autour de ce réservoir, le toucher immédiatement, ou en être à quelque distance; il doit être entièrement plongé dans l'eau. Son extrémité opposée à l'eau, ou celle qui s'avance la première quand la machine est en mouvement, est toujours ouverte. L'extrémité postérieure est munie d'une soupape d'arrêt qui s'ouvre de dehors en dedans. Immédiatement auprès de cette soupape d'arrêt est adapté un tube latéral qui communique avec le réservoir d'air, et qui est garni d'une soupape d'ascension. Toute cette machine tourne dans le plan horizontal sur un pivot *k*, et fait tourner avec elle le tuyau montant *d*, qui sert d'axe, et qui est maintenu dans la position verticale par le collet *l*, dans lequel il se meut. Le mouvement de rotation de cet appareil doit être continu et dans le même sens.

Voici maintenant quel est le jeu de cette machine. Une puissance quelconque, appliquée à une manivelle fixée sur la roue dentée *n*, fait tourner cette roue, et, par suite, la roue *m*, dans laquelle elle engrène, et qui est elle-même enarbrée sur le tuyau *d*. Toutes les fois que le tuyau principal a acquis, relativement à l'eau qu'il contient, une vitesse convenable, la soupape d'arrêt se ferme, celle d'ascension s'ouvre, l'eau passe dans le vaisseau d'air, elle s'élève au haut du tuyau montant, d'où elle se décharge dans une auge circulaire, qui la conduit au lieu de sa destination. Toutes les fois, au contraire, que la soupape d'arrêt est fermée, et que l'eau est relativement en repos dans le tuyau principal (qui, par hypothèse, est toujours en mouvement), un ressort oblige aussitôt la soupape d'arrêt à s'ouvrir. Ces effets sont alternatifs, et ont lieu à des intervalles proportionnés à la vitesse

de la rotation du tuyau. Le ressort doit être tel, qu'il puisse céder à l'impulsion relative ou à la résistance du fluide, et permettre à la soupape d'arrêt de se fermer quand il le faut.

Spirale de M. *West*, Pl. VII, fig. 14.

315. Cette machine très-simple est composée de deux tuyaux de plomb tournés en spirale dans des directions différentes à l'entour d'un seul arbre massif.

L'un de ces tuyaux marqué *a* fait l'office de récepteur, c'est-à-dire, il reçoit l'action du courant d'eau conduit par le canal *d*, et il transmet le mouvement à toute la machine. L'eau motrice, qui traverse ce tuyau, agit par son poids, et le force de tourner sur son axe. Le second tuyau *l* agit par la force centrifuge, et élève une portion de l'eau du réservoir *m* dans un autre réservoir *p* placé à une plus grande hauteur. Le diamètre du tuyau *b* doit être d'autant plus petit que la hauteur perpendiculaire est plus grande.

LIVRE SECOND.

Machines hydrauliques qui élèvent l'eau pour les besoins domestiques, et les travaux de l'agriculture.

316. Ce livre contient cinq chapitres : le premier traite des puits, des citernes et des machines qui y sont adaptées ; le second, des moyens de fournir l'eau à des populations nombreuses, et de la distribuer convenablement ; le troisième renferme la description des pompes à incendie ; et enfin les deux derniers chapitres contiennent la description des machines que les agriculteurs emploient dans les travaux d'irrigation et de dessèchement.

CHAPITRE PREMIER.

Puits, citernes et machines qui y sont adaptées.

Puits.

317. On distingue deux sortes de puits : les puits ordinaires, qui sont des trous profonds creusés au-dessous de la surface de l'eau, et revêtus de maçonnerie ; et les *puits forés*, où l'eau se rend d'elle-même dans un bassin placé à une certaine hauteur, sans qu'on soit obligé de l'élever par des moyens artificiels.

Puits ordinaires.

318. Ces puits, dont l'ouverture est ordinairement circulaire, ont le plus souvent quatre pieds de diamètre.

319. Il y a des puits qui servent à deux maisons contiguës; alors ils sont ovales, et une languette en pierre forme une séparation dans le milieu, séparation qui descend de quelques pieds au-dessous de la surface supérieure de l'appui ou *margelle*.

320. Les puits se construisent ordinairement de la manière suivante : lorsqu'en creusant on est parvenu à l'eau, et que l'on en a cinq ou six pieds, on place dans le fond un rouet de bois de chêne; sur ce rouet on pose cinq ou six assises de pierres de taille maçonnées en mortier de ciment et bien cramponnées. On élève le reste de la hauteur du puits avec de la maçonnerie de briques ou de moellons jusqu'à trois pouces au-dessous du rez de chaussée; enfin, trois assises de pierres de taille cramponnées achèvent le puits.

321. Parmi les puits les plus remarquables on distingue les suivans :

Le puits de Bicêtre, qui fournit l'eau nécessaire aux nombreux habitans de cette maison, qui sert tout à la fois d'hôpital et de prison. Ce puits a 15 pieds de diamètre et 105 de profondeur.

Le puits du comte Spencer, que ce seigneur anglais fit creuser, en 1795, à sa maison de campagne de *Wimbledon*. Il lui coûta environ cinquante mille francs. Sa profondeur est de 600 pieds, et l'eau s'y est élevée à plus de 350 pieds.

322. *Le puits de la citadelle de Turin*, remarquable par deux rampes qui circulent l'une sur l'autre, et au moyen desquelles les chevaux peuvent monter et descendre sans se rencontrer.

323. *Le puits du Caire*, connu sous le nom de *puits de Joseph*, offre, comme le précédent, la particularité d'être environné d'une rampe en pente douce. Ce puits célèbre est entièrement taillé dans le roc; sa profondeur totale est de 280 pieds. Il a deux étages, ou, pour mieux dire, il est composé de deux

puits superposés, dont les axes verticaux ne se correspondent pas. Le premier puits, qui a 42 pieds de circonférence, correspond à une plate-forme, où se trouvent l'ouverture du puits inférieur, un bassin qui reçoit l'eau élevée du fond de ce puits par une machine hydraulique, et enfin, l'emplacement qu'occupe cette machine mue par des bœufs. Une seconde machine semblable fait monter cette eau au réservoir supérieur. La rampe qui environne le premier puits est séparée du puits même par une cloison taillée dans le rocher, et qui n'a que six pouces d'épaisseur: des fenêtres, qui y sont pratiquées de distance en distance, éclairent faiblement la rampe; mais, la lumière qu'elles répandent n'étant point suffisante pour se conduire, on est obligé d'allumer des flambeaux.

324. Dans les cloîtres de quelques riches couvens d'Italie, on remarque des puits décorés avec somptuosité, et où le luxe a épuisé les plus riches ornemens de l'architecture et de la sculpture. Quelques-uns sont environnés de colonnes de marbre, qui supportent tantôt une élégante coupole, tantôt un fronton. Des statues, des bas-reliefs et des arabesques augmentent la richesse de ces puits que l'on peut regarder comme de vrais monumens.

Puits forés.

325. Dans plusieurs endroits il existe des nappes d'eau qui s'écoulent entre deux couches de glaise ou de pierre imperméable de grande étendue, et qui sont souvent situées à de grandes profondeurs.

Quand une de ces nappes correspond au lieu où l'on se propose de creuser un puits, il suffit de forer la couche supérieure, pour faire monter l'eau, qui s'élève d'elle-même à une hauteur correspondante à celle de la source qui fournit l'eau de la nappe; et dans le cas où la source est plus élevée que le sol, l'eau jaillit

hors du puits et s'écoule. Souvent l'on obtient ainsi inopinément un courant d'eau continu dans des lieux qui semblaient condamnés à une privation absolue de cette ressource précieuse.

326. Les puits doués de l'heureuse propriété que nous venons d'énoncer, s'appellent communément *puits forés* ou bien encore *puits astésiens*.

327. (*a*) Pour former ces sortes de puits, on creuse d'abord un bassin de grandeur arbitraire, dont le fond doit être plus bas que le niveau auquel l'eau peut monter d'elle-même; on prend ensuite un pilot d'une longueur et d'une grosseur convenables; on perce dans toute sa longueur, avec les tarières ordinaires, un trou de trois pouces de diamètre, et on garnit le pilot de fer par les deux bouts: on a soin de rendre aussi aigu qu'on le peut le bout qu'on enfonce dans la terre, à l'aide du mouton, et lorsqu'il n'y a pas moyen de le faire entrer plus avant, on emploie la tarière, qui achève de percer le puits; on enfonce cette tarière dans le canal du pilot, pour percer tous les bancs qui se rencontrent, ayant soin de la vider de temps en temps de la terre dont elle se remplit. Lorsque la longueur de cette première tarière ne suffit pas pour arriver jusqu'à l'eau, on y ente une seconde branche, une troisième, etc., tant que la profondeur l'exige; et l'on continue de forer et vider le trou successivement, jusqu'à ce qu'enfin on ait trouvé de l'eau en abondance, ce que l'on reconnaît lorsqu'elle monte le long du pilot jusque par-dessus: alors on se sert d'un tuyau de plomb pour la conduire dans le bassin.

328. Quand on a une fois trouvé l'eau vive, et qu'on voit qu'elle vient en abondance, il faut bien se garder de percer plus avant, crainte d'ouvrir les bancs de pierre ou de terre glaise qui

---

(*a*) Bélidor, *Science des ingénieurs*, liv. IV, chap. 12.

seraient au-dessous de l'eau, parce qu'il pourrait arriver que, trouvant une issue plus aisée à parcourir que le chemin du canal, elle cessât de monter sur-le-champ, ou au bout de quelque temps.

329. On fait de ces sortes de puits en Flandre, en Allemagne et en Italie. *Cassini* rapporte, dans les *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, qu'en plusieurs endroits du territoire de Modène, on en voit de semblables, mais qui se font différemment. On creuse jusqu'à l'eau, après quoi l'on construit un double revêtement dont on remplit l'entre-deux de glaise bien pétrie; après quoi on continue de creuser plus avant, et de revêtir comme en premier lieu, jusqu'à ce qu'on trouve des sources qui viennent avec abondance: alors on perce le fond avec une tarière, et, le trou étant achevé, l'eau monte, et remplit non-seulement le puits, mais encore se répand sur toute la campagne, qu'elle arrose continuellement.

330. *Cassini* fit faire, au fort Urbain, une fontaine, dont l'eau s'élevait naturellement à 15 pieds de hauteur au-dessus du rez de chaussée, d'où elle retombait dans un bassin de marbre, destiné pour l'usage du public; et, l'ayant soutenue par des tuyaux, elle s'élevait jusqu'au sommet des maisons.

331. Dans la Basse-Autriche, qui est environnée des montagnes de Styrie, les habitans se donnent de l'eau à peu près de la même manière; ils creusent d'abord jusqu'à ce qu'ils trouvent la glaise; alors ils prennent une grande pierre épaisse de six pouces, forée dans le milieu, et percent le lit de glaise au travers de ce trou, jusqu'à ce que l'eau monte avec impétuosité et remplisse le puits.

Citernes.

332. On donne le nom de citerne à un réservoir souterrain destiné à conserver et à recevoir les eaux de la pluie.

Les citernes sont d'une très-grande utilité dans les pays maritimes tels que la Hollande et Venise. Elles pourraient être également utiles dans une foule d'endroits où l'on est réduit à boire, pendant l'été, l'eau des mares trouble et souvent croupie; ou bien encore dans les lieux élevés dont les habitans sont obligés d'aller au loin et à grands frais chercher l'eau qui leur est nécessaire.

333. Souvent aussi la construction d'une citerne, quoique coûteuse, exige moins de frais que celles des puits très-profonds.

334. L'expérience a prouvé que l'eau des citernes est excellente pour la boisson et pour les autres usages domestiques.

335. On trouve dans un mémoire de *De la Hire* (*Mémoires de l'Académie des sciences*, 1703) le calcul suivant, qui prouve que, dans la plupart des lieux habités, on peut, en creusant des citernes, se procurer avec abondance l'eau nécessaire pour l'usage des personnes qui y séjournent.

336. Il tombe par an, dit *De la Hire*, sur la surface de la terre, de 18 à 22 pouces de hauteur d'eau. Les exceptions de cette loi générale sont fort rares.

337. Toute maison, qui a 40 toises de superficie, couverte de toits, peut ramasser chaque année 2160 pieds cubes d'eau, en prenant seulement 18 pouces pour la hauteur de ce qu'il en tombe, qui est la moindre que l'on observe communément. Ces 2160 pieds cubes valent 75600 pintes d'eau, à raison de 35 pintes par pied. Si l'on divise donc ce nombre par les 365 jours de l'année, on trouvera 200 pintes par jour. On voit par là que quand il y aurait, dans une maison comme celle qu'on suppose, vingt-cinq personnes, elles auraient chacune 8 pintes d'eau à consommer par jour.

338. Il n'existe point de métairie seulement de deux paires de bœufs de labourage, dont les toits des bâtimens n'excèdent de beaucoup 40 toises de superficie; il est encore évident

qu'une pareille métairie n'est jamais habitée par plus de six ou huit personnes, et que la seule eau de pluie est plus que suffisante pour la boisson des hommes et des animaux.

339. *Palladio* dit en parlant des citernes : « L'eau du ciel est
» tellement préférable à toutes les autres pour servir de bois-
» son, que quand on pourrait s'en procurer de courante, l'on
» devrait ne l'employer qu'aux lavoirs et à la culture des jar-
» dins. »

340. Ce grand architecte donne les indications suivantes pour construire les citernes. On leur donnera, dit-il, les dimensions convenables, mais on aura soin de les faire plus longues que larges; on les enclôra de murs construits avec soin. Le sol, à l'exception des égouts, sera consolidé par une bonne épaisseur de brocailles, sur laquelle on étendra du mortier fait avec de la brique pilée et de la chaux, qui tiendra lieu de pavé. On polira ensuite ce pavé avec tout le soin possible, jusqu'à ce qu'il soit devenu luisant, en le frottant continuellement avec de la graisse bouillie; lorsqu'il sera bien sec, et qu'il ne restera plus d'humidité capable d'occasioner des crevasses dans quelques endroits, on couvrira les murailles également d'un enduit pareil; on n'introduira l'eau que lorsque le tout sera parfaitement sec.

341. Voici comme on réparera les crevasses par où l'eau pourrait s'écouler. On prendra une certaine quantité de poix liquide à laquelle on ajoutera pareille quantité de graisse ou de suif; on jettera le tout dans un vase, on le fera cuire jusqu'à ce que l'écume monte; après quoi, on le retirera du feu. Quand ce mélange sera refroidi, on le saupoudrera de chaux très-menue, et on le remuera convenablement pour en faire une espèce de pâte qu'on introduira dans les fentes, et on aura soin de le bien fouler.

342. La manière la plus économique et la plus expéditive de construire une citerne est de former le mur et le fond ou radier en *béton* (*a*). On donne ordinairement au radier une épaisseur de 12 à 18 pouces. Si l'on peut se procurer facilement de bonne argile, on fera très-bien d'en faire un lit sur le sol, de le bien battre, de le bien piétiner avant de former le lit de béton.

343. *De la Hire*, ayant observé que, dans plusieurs villes de Flandre, les citernes sont des espèces de caveaux enterrés, et que l'eau de la pluie s'y conserve beaucoup mieux que dans des réservoirs découverts, voudrait que l'on construisît dans chaque maison un petit lieu dont le plancher serait élevé de six pieds environ au-dessus du rez de chaussée, que ce lieu n'eût tout au plus que la quarantième ou cinquantième partie de la superficie de la maison. Ce lieu, bien voûté avec des murs forts et épais, contiendrait un réservoir de plomb qui recevrait toute l'eau de pluie, après qu'elle aurait passé au travers du sable. Il ne faudrait qu'une très-petite porte bien épaisse, garnie de nattes de paille, pour empêcher que la gelée ne pût pénétrer jusqu'à l'eau, Par ce moyen, on pourrait distribuer facilement de très-bonne eau dans les cuisines et les lavoirs. Cette eau bien renfermée ne se corromprait pas plus que si elle était sous terre, et ne gèlerait jamais.

344. Les citernes de Venise sont remarquables par leur construction soignée. On en compte plus de 160, qui sont publiques; l'eau qu'elles fournissent est excellente lorsqu'elle s'est reposée quelques jours après la pluie; et cette eau suffit pour les besoins de la nombreuse population de cette ville célèbre, à

(*a*) Le béton est un mélange de cailloux ou de fragmens de pierre concassée, avec de la chaux.

l'exception des époques de grande sécheresse, où l'on est obligé de faire venir de l'eau de la Brenta, rivière du Padouan.

345. Ces citernes sont construites de la manière suivante: Deux murs cylindriques et parallèles les environnent; ils sont en briques et fondés à dix ou douze pieds de profondeur sous le sol; le mur intérieur laisse une ouverture de quatre pieds de diamètre; l'ouverture du mur extérieur a environ dix ou douze pieds de diamètre. Ce dernier mur est enveloppé de terre glaise qui forme une espèce de batardeau impénétrable à l'eau salée, dont le terrain est imbibé; le fond de la citerne compris entre les deux murs, et celui qui correspond à l'ouverture du mur intérieur, sont également couverts de glaise et d'un pavé en brique. Une petite voûte annulaire couvre l'espace entre les deux murs; cette voûte est percée de trois ou quatre ouvertures, chacune desquelles est couverte d'une pierre forée.

346. Le mur intérieur est surmonté d'un parapet ou entourage cylindrique qui s'élève au-dessus du sol et qui est formé dans un bloc de pierre d'Istrie. Ordinairement cet entourage est enrichi de moulures et d'ornemens sculptés.

347. On admire dans la cour du palais ducal deux entourages de puits en bronze, décorés de bas-reliefs et d'arabesques d'un goût exquis et parfaitement modelés par *Riccio*, célèbre artiste de Padoue.

348. L'eau de pluie qui tombe sur les toits des maisons, sur la surface des rues, des cours, des places publiques, est dirigée par des pentes artistement combinées vers les trous des citernes. Le beau pavé de cette ville, entièrement composé de dalles régulières en pierres dures, favorise singulièrement l'écoulement de l'eau. On doit se rappeler qu'aucune espèce de roulage n'a lieu dans les rues de Venise, que les chevaux ne peuvent parcourir: conséquemment, le pavé de ces rues est aussi propre

que celui des passages couverts de Paris. Néanmoins on a soin de remplir de sable l'espace compris entre les deux murs de la citerne; de sorte que l'eau est obligée de traverser ce sable et d'y déposer les saletés qu'elle pourrait charier avant de pénétrer dans le puits formé par le mur intérieur.

349. Par la construction que nous venons de décrire, on est parvenu d'une part, à rendre les citernes de Venise impénétrables aux eaux salées de la mer; et de l'autre, à épurer l'eau pluviale qui les alimente.

350. De toutes les citernes connues, la plus célèbre est sans contredit celle de Constantinople. Les voûtes de cette citerne portent sur deux rangs de 212 piliers chacun; ces piliers, qui ont deux pieds de diamètre, sont plantés circulairement, et en rayons qui tendent au pilier central.

351. Le comte de *Caernarvon* a fait construire à Newbury, sur une éminence, et dans un sol de gravier, deux puits remarquables, dont l'un est destiné à recueillir l'eau pluviale qui tombe sur les toits de sa maison de campagne et sur les bâtimens qui l'environnent, et l'autre sert de filtre.

352. Ces deux puits fort rapprochés ont 30 pieds de profondeur sur 4 de diamètre. Ils sont formés par une maçonnerie de briques, derrière laquelle est placée une enveloppe épaisse de terre glaise. Ils communiquent entre eux au moyen d'un tuyau de plomb horizontal placé à deux pieds au-dessus du fond.

353. Des tuyaux conduisent les eaux des toits dans le premier puits, et elles passent dans le second en traversant le tuyau horizontal de communication; mais, avant d'y arriver, elles sont obligées de traverser un plancher de chêne percé d'une multitude de petits trous, et porté par un nombre suffisant de pieux.

354. Le plancher porte une première couche de gravier bien lavé, puis une seconde couche de gravier moins grossier; ensuite,

une troisième de gros sable, et enfin une quatrième de sable fin. Ces quatre couches ont en tout, deux pieds d'épaisseur. L'espace au dessous du plancher, dans les deux puits, reçoit les sédimens ou premiers dépôts des eaux de pluie.

355. Les deux puits sont couverts; mais l'air y arrive par plusieurs ouvertures qui ont été ménagées exprès. L'eau est élevée par le moyen d'une pompe.

356. M. *Ferregeau* a proposé un moyen de rassembler l'eau dans les citernes; ce moyen, très-utile dans les localités où le terrain sablonneux laisse filtrer l'eau de pluie, et où on n'a point de bâtimens assez considérables pour que l'eau qui tombe sur les toits, puisse suffire, consiste à enlever, aux environs de l'emplacement où la citerne doit être établie et sur une étendue suffisante, les premières couches de sable; et à former un banc de terre franche et de glaise, couvert de pierrailles, sur lequel on rapporterait le sable enlevé. Des pompes placées dans des puisards qui environneraient la citerne, seraient disposées de manière à y conduire les eaux de pluie qui, ne pouvant pénétrer au travers de la glaise, cesseraient alors de se perdre.

Machines adaptées aux puits ou aux citernes.

357. Deux moyens sont employés, communément, pour extraire l'eau d'un puits : les seaux et les pompes.

Seaux.

358. La manière la plus simple de se servir d'un seau, est de le suspendre à une corde, que l'on empoigne immédiatement; et, en la faisant passer alternativement d'une main à l'autre, on plonge le seau dans l'eau, et on l'enlève avec sa charge hors du puits.

359. Cette méthode incommode, surtout lorsque le puits est profond, exige le transport du seau et de la corde toutes les fois

que l'on veut puiser ; et, pour peu que la personne qui puise soit maladroite ou distraite, la corde lui échappe, et tombe au fond avec le seau.

360. Pour obvier à ces inconvéniens, et pour rendre l'opération de puiser moins fatigante, on a imaginé divers expédiens fig. 2 (Pl. XVI). Dans quelques campagnes on établit, à côté des puits peu profonds, un pieu vertical *a*, au sommet duquel est une entaille dans laquelle tourne librement un levier *b b*, qui, d'un côté, porte un poids, et de l'autre, une corde, à laquelle le seau *c* est accroché. Cette corde a plusieurs nœuds de distance en distance, pour donner plus de prise aux mains de la personne qui puise.

361. Le but de ce mécanisme aussi ingénieux que simple, est de séparer l'effort de la personne qui puise, en deux portions à peu près égales, dont la première a lieu lorsqu'elle fait descendre le seau ; car ; alors le poids *k* est soulevé, pour qu'il puisse ensuite coopérer à l'élévation du seau qui forme la seconde partie de l'effort.

362. La fig. 3 (Pl. XVI) indique le moyen de faire agir un ou deux seaux, par l'intermédiaire d'un treuil à manivelle. Dans le cas où l'on veut employer deux seaux à la fois, il faut que la corde de l'un s'enveloppe sur le treuil dans un sens, tandis que celle de l'autre se développe en sens inverse, de sorte que le premier seau monte et le second descend, celui-ci faisant, en quelque sorte, contre-poids à l'autre. Chacune des cordes du treuil passe sur une poulie fixe suspendue à une traverse que deux piliers en bois ou en maçonnerie soutiennent.

363. A l'égard de la manivelle du treuil, on doit se rappeler qu'elle produit des inégalités dans la résistance que le moteur éprouve aux divers points de la circonférence décrite dans son mouvement. Cet inconvénient, qui est très-appréciable,

lorsque le treuil n'a qu'une seule manivelle, est bien moins sensible quand il a deux manivelles placées aux deux extrémités du treuil, à angle droit l'une respectivement à l'autre, et quand elles sont manœuvrées par deux hommes qui agissent simultanément. Cette disposition fait disparaître une partie des inégalités de la résistance par une sorte de compensation; mais elle ne les anéantit point totalement.

364. Un volant appliqué immédiatement au treuil, serait inefficace pour régulariser la résistance, à cause de la trop grande lenteur du mouvement. Aussi l'on remarque que les puits profonds garnis de treuils à manivelles, ont des volans qui, par des engrenages, acquièrent assez de vitesse pour pouvoir remplir avec avantage les fonctions de régulateur. Mais ce moyen compliqué est trop dispendieux pour être appliqué aux puits d'une médiocre profondeur.

365. On doit préfèrer, dans ce dernier cas, un moulinet construit de la manière indiquée en A fig. 3 (Pl. XVI). L'homme qui met en mouvement ce moulinet peut à la fois agir par ses mains et par un de ses pieds.

366. La figure 4 (Pl. XVI) représente la partie supérieure d'un grand puits placé sous un hangar. Ce puits est garni de deux seaux suspendus à un treuil qu'une roue à tambour A fait mouvoir. Il est inutile de dire que cette roue tourne par l'action d'un ou de plusieurs hommes qui marchent dans son intérieur. Les seaux sont suspendus au treuil par deux chaînes, dont l'une l'entoure dans un sens, et la seconde, dans le sens opposé. Un des seaux monte tandis que l'autre descend.

367. On doit remarquer, dans la figure 4, que les seaux se vident d'eux-mêmes. Lorsqu'ils sont arrivés au sommet du puits, ils rencontrent les crochets *a a*, qui les retiennent, les obligent à s'incliner, et à verser l'eau dans un réservoir *annulaire* B B,

placé autour du puits; les robinets x x donnent issue à l'eau versée dans ce réservoir.

368. Les fig. 1 et 2 (Pl. II) indiquent clairement deux dispositions analogues à celle que nous venons de décrire, pour que les seaux versent d'eux-mêmes l'eau dans un réservoir adjacent. Dans le premier, le seau porte une anse b placée à peu près au milieu de sa hauteur; c'est la rencontre de l'anse b avec le crochet a qui produit le déversement du seau; dans la seconde, l'anse b est placée au sommet du seau. La seconde disposition est préférable sous le rapport de la facilité du déversement.

369. La figure 5 (Pl. XVI) représente un mécanisme ingénieux, qui donne le moyen à une personne qui se trouve à un étage supérieur d'une maison, de puiser de l'eau dans un puits placé au milieu de la cour.

370. Au-dessus d'une des fenêtres de l'étage a est fixée une potence en fer, qui soutient la poulie b. Une corde d d est attachée d'un côté à cette potence, et de l'autre, à un anneau scellé dans le pavé de la cour; il faut qu'elle soit bien tendue. Deux poulies f f, placées dans une même chape de fer e e, dirigent la marche du seau; l'une de ces poulies glisse sur la corde d d, l'autre retient la corde du seau x.

371. On voit fig. 6 (Pl. XVI) un crochet à ressort très-commode pour suspendre le seau, qui ne peut s'échapper quand il est dans le puits, et qu'on décroche facilement lorsqu'il en est sorti; il suffit, pour cela, d'écarter les deux branches a et b du crochet.

Pompes.

372. Les pompes sont, sous tous les rapports, préférables aux seaux pour extraire l'eau d'un puits. Elles n'occupent qu'un espace très-circonscrit. Le mécanisme qui leur transmet ce mouvement est extrêmement simple et, en même temps, très-

solide. Les pompes permettent de boucher l'ouverture des puits, et préviennent ainsi les accidens déplorables que les puits ouverts occasionent très-fréquemment. Ajoutons à tous ces avantages celui de pouvoir avec facilité faire monter l'eau dans des réservoirs placés aux étages supérieurs.

373. Les pompes que l'on emploie ordinairement à Paris, sont aspirantes simples.

374. Les figures 2, 3, 4 (Pl. XVII) indiquent les dispositions ordinaires des leviers qui transmettent le mouvement au piston des pompes aspirantes simples. Ces dispositions sont trop connues pour que nous nous arrêtions à les décrire.

375. La disposition indiquée fig. 7 (Pl. XVI) mérite plus d'attention. Le levier *a* est appliqué à l'axe d'une poulie *b*. Cette poulie a deux gorges, sur lesquelles s'enveloppent deux chaînes en sens contraire; l'une des deux est attachée à la poulie et au sommet *d* de la tige du piston; l'autre est pareillement attachée à la poulie, mais elle descend pour se fixer au point *f* de la tige. Par cette disposition, si l'on communique un mouvement de balancement au levier, la tige du piston agit sans dévier de la ligne verticale, avantage important pour la conservation de la pompe et pour la facilité de la manœuvre. La tige du piston s'appuie contre des rouleaux en cuivre *x x*.

376. La figure 5 (Pl. XVII) représente une pompe aspirante et foulante. Le levier *a* de cette pompe traverse le plancher *b b*, où une fente, pratiquée à cet effet, lui permet de se balancer librement. Cette pompe procure le moyen de faire monter l'eau dans des réservoirs placés aux étages supérieurs, pour servir soit à l'usage des cuisines, soit aux lieux à l'anglaise, soit aux bains; il suffit alors de fermer le robinet *g*; et quand on veut faire dégorger l'eau par ce robinet, il faut fermer celui qui est indiqué par la lettre *x*.

377. Nous finirons la description des pompes domestiques, par l'indication d'une pompe qui sert à deux maisons limitrophes. La tige de cette pompe, représentée fig. 6 (Pl. XVII), correspond à un étrier *b* fixé dans un treuil horizontal *a*, qui porte trois leviers *c*, *e*, *f*; le premier est garni d'un poids *p*, les deux autres font angle droit entre eux, et correspondent à des chaînes *x*, *y*. La chaîne *y* traverse le mur B B, également traversé par le tuyau A. Un étrier *d d*, fixé au mur, soutient une petite poulie, sur laquelle la chaîne *y* s'appuie. Il est évident que, si le robinet du tuyau C est fermé, et que l'on agisse sur la chaîne *y*, l'eau se dégorgera par B; et que le contraire aura lieu, si le robinet de B est fermé, et si la chaîne *x* est en action. Dans les deux cas, le poids *p* agit également pour élever la tige du piston.

CHAPITRE II.

De la conduite et de la distribution des eaux dans les villes.

378. On doit mettre au nombre des ouvrages de l'antiquité les plus dignes d'être admirés, ceux qui avaient pour but de fournir aux populations nombreuses les eaux nécessaires pour la salubrité, les besoins et les agrémens de la vie. Pline exalte avec raison les travaux immenses que les empereurs romains entreprirent, pour transporter à Rome une grande quantité d'eau.

379. « Si l'on fait attention, dit-il, à la grande quantité d'eau
» amenée à Rome, et en combien de lieux elle se disperse pour
» les bains, pour les viviers, les réservoirs, les jardins et les
» maisons particulières de la ville et de la campagne; et si
» d'ailleurs on considère la longueur du chemin que parcourt

» cette eau, le grand nombre d'arcades qu'il a fallu élever
» pour la conduire, les montagnes qu'on a été obligé de percer
» pour donner passage aux canaux, on sera contraint d'avouer
» qu'il n'y eut jamais d'entreprise plus grande ni plus admirable
» sur toute la terre. »

380. En effet, ce n'étaient point de faibles ruisseaux que les acquéducs amenaient à Rome, c'étaient, pour ainsi dire, des fleuves entiers; outre les eaux de source, on y faisait couler l'eau du Tévérone, soit par des dérivations prises vers la source, soit par des saignées un peu au-dessus de son embouchure dans le Tibre, pour fournir ainsi de l'eau aux quartiers plus ou moins élevés de la ville. Il y avait des fontaines sur le Capitole et sur les autres montagnes renfermées dans l'enceinte de Rome.

381. On peut se faire une idée de la magnificence des Romains dans la distribution des eaux, par ce que rapporte Pline des travaux exécutés dans une seule année par ordre d'Agrippa.
« Agrippa, dit-il, pendant son édilité, ayant ajouté l'eau
» vierge à celles qui étaient à Rome, il la fit couler par plu-
» sieurs tuyaux dans tous les quartiers; il fit creuser sept cents
» réservoirs, construire cent cinq fontaines et cent trente châ-
» teaux d'eaux ou regards, dont la plupart étaient décorés d'or-
» nemens magnifiques; on y comptait trois cents statues d'ai-
» rain et de marbre, et quatre cents colonnes de marbre, tout
» cela fut exécuté dans une année. »

382. En lisant le livre de Frontin, *de Aquæductibus*, on est surpris de l'immensité des travaux qu'il a fallu entreprendre pour la conduite des eaux, tant dans les campagnes que dans Rome; et on admire en même temps les sages règlemens qu'on observait pour leur distribution.

Aquéducs antiques.

383. Les Romains avaient construit une quantité prodigieuse d'aquéducs, pour conduire des eaux à Rome. Leur développement total était de plus de 90 lieues, et ils étaient portés par des arcades sur une longueur de 9 à 10 lieues. L'aquéduc de Claude, dont il existe des restes assez considérables, est formé par des arcades de 6$^{mèt.}$,31 d'ouverture. La plupart de ces constructions, qui se ressemblent toutes, sont faites en briques. Léon X et Sixte-Quint en ont rétabli plusieurs.

384. La magnificence des Romains ne s'est point bornée à enrichir de ces utiles monumens la ville de Rome, ils en ont fait construire un grand nombre dans les diverses provinces de leur immense empire. On admire encore avec étonnement les restes imposans de plusieurs de leurs grands aquéducs qui existent en Italie, en France et en Espagne, parmi lesquels on distingue spécialement les suivans.

1°. L'aquéduc de Lisbonne, construit sous le règne de Trajan, est le plus considérable que l'on connaisse, en raison de la hauteur et de l'ouverture de ses arcades. Il est composé de 32 arches de 29 mètres de longueur sur 68 mètres de hauteur dans la partie la plus élevée. Les piles ont 5 mètres d'épaisseur sur 7 de longueur. Sa longueur totale est de 1140 mètres.

2°. L'aquéduc de Ségovie, construit avec de grandes pierres posées sans ciment, a deux rangs d'arcades uniformes qui ont cinq mètres et demi de largeur. Plus de cent-cinquante de ces arcades existent encore. Sa hauteur va jusqu'à 34 mètres.

3°. On admire en Italie le pont-aquéduc de Civita-Castellana qui a deux étages; le premier, qui a 39 mètres de hauteur, est percé de neuf grandes arches; les trois du milieu ont 26

mètres et demi d'ouverture, les autres 19 et demi; le second étage est formé par une suite de petites arcades uniformes.

4°. En France, le pont du Gard est célèbre; cet ouvrage faisait partie d'un aquéduc qui conduisait à Nîmes les eaux de la fontaine d'Uzès, et dont la longueur totale était de plus de sept lieues. Ce pont offre trois rangs d'arcades; le premier rang en contient six, le second dix, le troisième, sur lequel l'aquéduc était soutenu, et dont il ne reste plus que 37 arches, en contenait un plus grand nombre. Les arches des deux rangs inférieurs ont environ 20 mètres d'ouverture; celle des arches du rang supérieur est de cinq mètres et demi, toutes sont en plein cintre. La hauteur totale de l'édifice est de 48 mètres à partir du niveau des basses eaux du torrent. Le reste de l'aquéduc se prolongeait sous terre depuis les sources d'Uzès jusqu'à Nîmes.

5°. L'aquéduc antique de Metz traversait la Moselle, et se trouvait porté sur un grand nombre d'arcades; il en existe encore, sur la rivière même, plusieurs qui sont entières. Elles ont à cet endroit plus de 25 mètres de hauteur. Leur ouverture est de six mètres et demi, et l'épaisseur des piles est d'un peu plus de trois mètres.

Aquéducs du moyen âge.

385. Dans le moyen âge, on a construit quelques aquéducs qui rivalisent avec ceux des Romains. Celui que Théodoric fit bâtir auprès de Spolette, est digne d'admiration. Il est composé de dix grandes arches gothiques, ayant chacune plus de 21 mètres d'ouverture, et soutenues par des piles de trois mètres et demi d'épaisseur. Les arches du milieu, placées au-dessus du torrent Moragia, ont plus de 100 mètres de hauteur. Les autres sont beaucoup moins élevées; les deux coteaux sur lesquels elles sont bâties, étant fort rapides. Sur le bord du pont

du côté d'amont, trente petites arcades gothiques soutiennent un aquéduc qui sert à porter les eaux dans la ville. Ce monument, d'une exécution très-hardie, subsiste encore en entier. Sa longueur totale est de 247 mètres; sa largeur est de 13 mètres.

Aquéducs modernes.

386. Parmi les aquéducs modernes dignes de remarque, on distingue :

1°. L'aquéduc de Caserta, bâti par Vanvitelli en 1753. Il est composé de trois rangs d'arcades de six mètres et demi d'ouverture. Sa plus grande hauteur est de 45$^{\text{mèt.}}$, 7.

2°. L'aquéduc de la Crau d'Arles, qui traverse un marais et soutient les eaux du canal de la Crapone. Il fut construit en 1558. Sa longueur totale est de 625 mètres. Les arches, qui sont en plein cintre, ont six mètres d'ouverture. La largeur de l'aquéduc est de cinq mètres dans la partie supérieure, et ses faces ont un léger talus. Les fondations sont établies sur un grillage en charpente.

3°. L'aquéduc d'Arcueil, bâti en 1624, est destiné à conduire à Paris les eaux de Rungis. On voit encore dans le même emplacement des restes d'un aquéduc qui avait été bâti par Julien, pour alimenter les Thermes. La longueur de l'aquéduc est de 390 mètres. Sa largeur est de 3$^{\text{met.}}$, 6, et sa plus grande hauteur est de 22 mètres. Cet aquéduc, qui est un des ouvrages les plus remarquables de ce genre, est consolidé par des contre-forts placés à environ douze mètres les uns des autres, et dont les intervalles sont en partie remplis en maçonnerie, et en partie formés par neuf arcades. Il est entièrement en pierre de taille et d'une construction très-soignée.

4°. L'aquéduc de Maintenon, qui était destiné à conduire à

Versailles les eaux de l'Eure, a été entrepris en 1684 et abandonné en 1688, après avoir coûté, dit-on, plus de 22 millions. Il est maintenant dans un état d'abandon et de ruine. Cet aquéduc devait avoir 4990 mètres de longueur, et sa plus grande hauteur 76 mètres. Il devait avoir trois rangs d'arcades.

5°. L'aquéduc de Montpellier est le plus bel ouvrage de ce genre qui existe en France. Il a été construit par Pitot, pour conduire à Montpellier les eaux des sources de Saint-Clément et de Boulidou. Il est composé de deux rangs d'arcades; le rang inférieur en a 70 dont l'ouverture est de 8[mèt.], 45. Celles du rang supérieur n'ont que 2[mèt.], 76. La plus grande hauteur de l'aquéduc et de 28 mètres. Il aboutit, à l'une de ses extrémités, à la place du Peyrou, qu'il traverse sur trois arcades, et que l'on a décorée d'un château d'eau. Sa longueur totale est de 980 mètres.

Canal de l'Ourcq.

387. On doit à juste titre placer le canal de l'Ourcq, parmi les plus grandes et les plus mémorables opérations hydrauliques. Ce magnifique travail dont le but principal est de fournir une abondante quantité d'eau à tous les quartiers de Paris, aura coûté près de cinquante millions, lorsqu'il sera entièrement achevé. Il est, sous plusieurs rapports, digne de servir de modèle; on y admire une foule de détails nouveaux aussi ingénieusement que sagement conçus, et qui font le plus grand honneur à leur auteur M. *Girard*, savant distingué, et ingénieur très-habile. Il est en un mot digne d'une grande nation et d'un siècle très-éclairé; cependant, une économie trop parcimonieuse se fait peut-être apercevoir dans quelques-unes de ses parties, et, en général, il laisse à désirer cette apparence de haute magnificence et d'indestructibilité qui excite l'admiration à la vue de quelques monumens antiques de ce genre.

388. Nous allons donner une description abrégée de ce grand travail qui n'est fait qu'en partie, et que l'on continue maintenant avec beaucoup d'activité. Cette description est extraite des ouvrages suivans de M. *Girard* :

Recherches sur les eaux publiques de Paris;

Devis général du canal de l'Ourcq ;

Description générale des différens ouvrages à exécuter pour la distribution des eaux du canal de l'Ourcq dans l'intérieur de Paris.

389. La rivière de l'Ourcq, prise à Mareuil, à 93,922 mètres de distance de la barrière de Pantin, est amenée par un canal navigable, dans un bassin établi sur le territoire de la Villette. Le niveau des eaux de ce bassin est élevé de 27 mètres au-dessus des basses eaux de la Seine.

390. Les eaux amenées par le canal de l'Ourcq dans le bassin de la Villette sont destinées: 1°. à alimenter, dans l'intérieur de Paris, de nouvelles fontaines et un certain nombre de réservoirs qui doivent servir au nettoiement des rues et des égouts, et fournir de nouveaux moyens d'embellissement et de salubrité; 2°. à alimenter deux canaux de navigation qui descendront dans la Seine, l'un en traversant le faubourg du Temple, l'autre en traversant la plaine Saint-Denis, jusqu'à l'entrée de cette ville.

391. Les eaux du bassin de la Villette, qui doivent servir au premier usage, sont dérivées dans un aquéduc de maçonnerie qui se soutient à la même hauteur que ce bassin, et qui contourne la partie septentrionale de Paris jusqu'à la plaine de Mouceaux. Cet aquéduc a 4,357 mètres de longueur. Les dimensions sont réglées d'après la base suivante: qu'il devra, en vingt-quatre heures, donner passage à quatre-vingt mille kilolitres d'eau

au moins (4200 pouces). La fig. 1 (Pl. XVIII) indique une coupe de l'aquéduc de ceinture.

392. Trois galeries voûtées partiront de l'aquéduc de ceinture et prendront les directions suivantes. La première, dite de Saint-Laurent, fournira de l'eau aux quartiers de Saint-Denis, des Halles, de l'École de Médecine, du Temple, de la place Royale, et de l'Hôtel-de-Ville. Elle aura 9,066 mètres de longueur. La seconde, qui aura une longueur de 9,233 mètres, fournira de l'eau aux quartiers de Montmartre, du Palais-Royal, du Louvre et de la place Vendôme. La troisième enfin, dont la longueur sera de 12,378 mètres, conduira l'eau dans les quartiers des Tuileries, du faubourg Saint-Honoré, de l'École militaire et des Invalides.

393. Indépendamment de ces trois distributions qui seront alimentées par le canal de ceinture, une quatrième recevra immédiatement les eaux du bassin de la Villette; elle sera dirigée par une galerie dite de Saint-Antoine, dans le faubourg de ce nom et les quartiers de l'Arsénal et du Jardin des Plantes.

394. Ces quatre grandes conduites sont destinées à alimenter un certain nombre de réservoirs qui seront placés sur les endroits les plus élevés de chaque quartier, afin que les eaux qui seront dérivées de ces réservoirs puissent être distribuées sur le plus grand nombre de points des rues environnantes.

395. Il sera en outre établi, sur toute la longueur de ces conduits, entre leur origine et le château d'eau où elles se termineront, différens embranchemens qui porteront les eaux au point culminant de chaque rue, d'où elles jailliront à volonté soit pour l'arrosement et le lavage de cette rue, soit pour fournir des secours contre les incendies, ou être employées à tout autre service public.

396. Enfin ces embranchemens porteront eux-mêmes des ra-

meaux plus petits, destinés à alimenter les concessions particulières qui pourront être faites des eaux du canal de l'Ourcq.

397. Suivant l'ancienne méthode de distribuer les eaux, les conduites formées de tuyaux de fonte ou de plomb étaient enterrées sous le sol, sans aucune préparation propre à affermir le sol dont la consistance est presque toujours inégale. Il en résulte que ces terrains s'affaissent accidentellement par diverses causes; les conduites se rompent sous la charge qu'elles supportent, l'eau qui s'en échappe pénètre le sol environnant, et le rend plus compressible, ce qui occasione de nouvelles ruptures. De plus, les conduites n'étant enfoncées qu'à peu de profondeur, le métal dont elles sont formées, se dilate et se condense suivant les variations de température; il se forme conséquemment des déchiremens et des pertes d'eau qu'on ne parvient souvent à étancher qu'après de longues recherches qui interrompent le service et causent plus ou moins d'embarras dans les lieux où l'on est obligé d'ouvrir des tranchées.

398. Pour remédier à ces inconvéniens, dans la distribution des eaux du canal de l'Ourcq, on a adopté les précautions suivantes : 1°. De les poser dans des galeries voûtées où l'on pourra les visiter à toute heure, dans toute leur étendue, et réparer, sans recherches inutiles, les accidens qui peuvent survenir; 2°. D'établir les conduites sur un sol inébranlable, c'est-à-dire, sur des massifs de maçonnerie fondés solidement; 3°. Que ces conduites n'aient à supporter d'autre charge que leur propre poids.

399. On aurait pu faire partir immédiatement du bassin de la Villette, comme d'une souche commune, tous les tuyaux de conduite destinés aux différentes distributions; mais alors, il aurait fallu pour alimenter chacune d'elles par un certain volume d'eau, augmenter le diamètre de la conduite, à mesure

que le point où elle devrait aboutir, s'éloignerait du point de départ, ce qui aurait obligé d'employer, pour les quartiers éloignés, des tuyaux dont les fortes dimensions auraient rendu la fabrication, la pose et les réparations difficiles. C'est donc pour rendre les conduites forcées les plus courtes possible, qu'on a adopté le principe de soutenir les eaux de niveau avec le bassin de la Villette dans un aquéduc ouvert aussi loin que le relief du terrain l'a permis.

400. Quant aux directions des quatre distributions principales dont nous avons parlé (392 et 393), elles ont été tracées de manière à profiter, pour la pose des conduites, de tous les anciens égouts capables de les recevoir. On évite par là les dépenses qu'entraînerait la construction de nouvelles galeries.

401. Les conduites principales étant toutes posées sous des voûtes, soit dans de nouvelles galeries, soit dans des égouts dont les directions se raccordent avec celles de ces galeries, les tuyaux sont soutenus dans les nouvelles galeries par des consoles en pierres de taille en saillie sur le parement intérieur de leurs murs latéraux (Voyez figure 2, Pl. XVIII); ou bien, ils sont posés sur un ou plusieurs rangs de tasseaux également en pierres de taille, élevés à cet effet sur le plafond des galeries. Mais ces moyens de soutenir les conduites, ne peuvent être employés dans les égouts, dont il importe de ne pas altérer la solidité par des encastremens presque contigus de maçonnerie nouvelle dans les massifs de maçonnerie ancienne. On y posera les conduites sur des tasseaux ou chevalets en fonte scellés dans le dallage de ces égouts et appliqués le plus près possible de leurs pieds droits (Voyez figure 4, Pl. XVIII). Ce moyen dont l'expérience a déjà justifié le succès, obstrue le moins possible le cours des eaux à l'évacuation desquelles les égouts sont destinés.

402. En plaçant les tuyaux de conduite sous des galeries voûtées, on réduit à leur propre poids et à celui de l'eau qu'ils contiennent, la charge qu'ils ont à supporter; mais cet isolement rend les influences de la température beaucoup plus sensibles sur le métal dont les tuyaux sont composés. En effet, la température de l'eau en mouvement dans les conduites, variera de l'hiver à l'été depuis le terme de 0 jusqu'à 24 ou 25 degrés environ du thermomètre de *Réaumur;* et, comme celle des galeries variera moins, il arrivera que, pendant l'hiver, les conduites de l'eau qu'elles renferment ne parviendront à la même température qu'en se refroidissant, et l'eau au contraire qu'en acquérant un certain degré de chaleur; ainsi, dans cette saison, l'eau sortira de la conduite moins froide qu'elle n'y était entrée. Pendant l'été, la température de la conduite et celle de l'eau se mettront en équilibre, en se rapprochant par une marche inverse; le métal des tuyaux s'échauffera, tandis que l'eau qui y coule sortira moins chaude qu'elle n'était en y entrant. On conçoit que ces différences de température, aux deux extrémités de la conduite, seront d'autant plus sensibles qu'elle aura plus de développement. Ce motif a fait rechercher un moyen d'articuler quelques parties de la conduite, de manière qu'elles puissent, sans rupture ou sans flexion, se raccourcir ou s'allonger.

403. Le moyen adopté est indiqué fig. 8 (Pl. XVIII). Ce sont des tuyaux compensateurs à bride mobile, que l'on placera dans les conduites de 100 mètres en 100 mètres. Ils sont composés de deux parties; la première, terminée par un renflement cylindrique, se raccorde par un congé avec le corps du tuyau; cette espèce de manchon porte une bride fixe en saillie de six centimètres sur le nu du renflement. La seconde partie du compensateur est dégarnie de bride à l'une de ses extrémités;

cette extrémité est arrondie au tour sur vingt centimètres de longueur pour être introduite dans le manchon ou renflement. La bride de cette seconde partie du compensateur est remplacée par un anneau ou bride mobile qui glissera au besoin sur le corps du tuyau; elle a huit centimètres de longueur, et elle porte sur le tuyau au moyen d'un talon cylindrique de cinq centimètres de long. La bride fixe du manchon et la bride mobile du tuyau qui y est reçu, sont percées de six trous, comme les brides ordinaires. Le vide qui se trouve entre l'extérieur du tuyau mâle et l'intérieur du tuyau femelle est garni d'étoupe goudronnée.

404. Les tuyaux de fonte qui composent les conduites principales du canal de l'Ourcq, sont en fonte de fer et ont généralement 2$^{\text{mèt.}}$, 50 de longueur, 0$^{\text{mèt.}}$, 25 de diamètre intérieur et 20 millimètres d'épaisseur; leur poids moyen est de 350 kilogrammes. On place entre les brides de deux tuyaux consécutifs des rondelles de plomb de 10 à 15 millimètres d'épaisseur. Ces rondelles sont renfermées entre deux bandes de flanelle goudronnée, afin de rendre les joints plus étanchés. Le joint est serré au moyen de six boulons qui traversent des trous percés dans les brides des tuyaux.

405. Les tuyaux sont retenus sur leurs supports par des cales ou coins de bois de chêne et par des agrafes en fer forgé, scellées dans les pieds droits des voûtes des galeries ou des égouts. Ces agrafes sont composées de deux parties, l'une droite scellée dans la maçonnerie, l'autre circulaire assemblée à charnière avec la première.

406. Chaque conduite a plusieurs robinets, un desquels doit être placé immédiatement au-dessous de la prise d'eau pour établir ou intercepter à volonté la communication entre les parties supérieure et inférieure de la conduite. Un second ro-

binet est placé dans la partie la plus basse de la conduite, pour ouvrir ou fermer une communication de l'intérieur à l'extérieur, et procurer au besoin l'évacuation des eaux qui y seraient contenues.

407. Indépendamment de ces deux robinets, dont le service est indispensable, plusieurs autres sont distribués sur la longueur d'une même conduite, à l'effet de se rendre maître du cours de l'eau, afin de procéder, sans l'interrompre entièrement, aux réparations des accidens qui peuvent survenir, ou de pourvoir momentanément à des services extraordinaires. L'œil de ces robinets, figure 9 (Pl. XVIII) est cylindrique et précisément du même diamètre que l'intérieur de la conduite; ainsi la vitesse de l'eau n'éprouve aucune altération; et, quand ils sont ouverts, la conduite se trouve aussi libre que s'ils n'existaient pas.

408. La manœuvre des robinets exige l'emploi d'une assez grande force, quand ils ont un diamètre considérable. Ordinairement elle s'opère à l'aide de leviers, à l'extrémité desquels agissent un ou plusieurs hommes. La plus grande résistance qu'ils éprouvent est celle que présente le robinet, pour être dégagé d'une position dans laquelle il est resté quelque temps. D'où l'on voit que cette résistance est variable, et qu'au moment où l'on parvient à la surmonter, la puissance est capable de produire un plus grand effet; ainsi, le robinet une fois dégagé, s'ouvre ou se ferme presque instantanément. Dans ce dernier cas, et si le robinet que l'on manœuvre est celui de l'orifice inférieur de la conduite, l'eau qui y est renfermée réagit sur les tuyaux, et quelquefois en occasione la rupture. On préviendra ces accidens, en se rendant maître d'opérer le mouvement des robinets aussi lentement que l'on voudra. Il suffit, pour cet effet, de substituer aux leviers que l'on emploie ordinairement à cette manœuvre, un engrenage composé d'une

roue dentée, ayant le même centre que la clef du robinet, et d'un pignon dont l'axe portera une manivelle.

409. Lorsque les conduites présentent des sinuosités dans le plan vertical, l'air qui y est contenu au moment où on le met en charge, se porte au sommet le plus élevé de ces sinuosités, et si le volume de cet air est assez considérable, il peut arriver qu'il occupe en ce point toute la capacité de la conduite, et qu'il présente, du moins pendant quelque temps, un obstacle au cours de l'eau. Il est clair que, pour le rétablir, il faut évacuer l'air que la conduite contient. Le moyen le plus simple consiste à implanter sur le sommet du coude qu'elle forme, un tube vertical qui s'élève jusqu'au niveau du réservoir. Ce tube se remplit d'eau jusqu'à une certaine hauteur; mais, en vertu de sa légèreté spécifique, l'air parvenu à la base de ce tube s'élève à travers l'eau qu'il contient, et s'échappe par son extrémité supérieure qui reste ouverte.

410. Ce moyen, tout simple qu'il est, présente cependant quelque embarras, lorsque le réservoir de prise d'eau est à une grande hauteur au-dessus du coude de la conduite qu'il s'agit d'évacuer. On prévient cet embarras, en substituant à ce tube vertical, ouvert par le haut, un tube beaucoup plus court garni d'un robinet, au moyen duquel on peut tenir ce tube ouvert ou fermé; mais comme l'eau entraîne dans ses mouvemens de l'air qu'il faut évacuer de temps à autre, cette opération exigerait une certaine surveillance que l'on ne peut cesser d'exercer sans inconvénient.

411. Pour se dispenser de cette surveillance (voy. pl. XVIII fig. 10), on fermera la partie supérieure du tube A par une platine horizontale, au milieu de laquelle on pratiquera un orifice *b* qui livrera passage à l'air de la conduite; on substituera au robinet un flotteur *c c* contenu dans le tube, et qui

portera à l'extrémité d'une tige verticale un obturateur *d* destiné à fermer l'orifice. Lorsque l'eau sera suffisamment élevée dans le tube, elle poussera le flotteur de bas en haut et l'orifice restera fermé : mais, lorsqu'un certain volume d'air viendra occuper la partie supérieure de ce tube, sa force élastique se mettra en équilibre avec la pression de l'eau dans la conduite, jusqu'à ce que ce volume d'air, augmentant de plus en plus, fasse descendre l'eau du tube, et avec elle le flotteur qu'elle soutient; alors l'obturateur se dégage de l'orifice, et l'air comprimé s'échappe jusqu'à ce que l'eau, remontant dans l'espace qu'il occupait, remette de nouveau l'obturateur en place et ferme la conduite. Le flotteur est un globe creux de laiton. Cette ventouse à flotteur est due à M. de *Bétancourt*.

412. L'un des services les plus importans que rendront les eaux du canal de l'Ourcq, est le lavage des rues et des égouts. Le lavage des rues se fera au moyen de bouches d'eau placées sur les points les plus élevés de chaque rue. Les tuyaux d'embranchement, destinés à alimenter les bouches de lavage, seront posés dans de petites rigoles de maçonnerie établies sous le pavé des rues et recouvertes d'un madrier.

413. Ces eaux ne serviront pas seulement à nettoyer le pavé et les ruisseaux : elles pourront être employées à laver la façade des maisons et des magasins; elles s'écouleront dans les égouts et contribueront à leur nettoiement par le courant qu'elles y entretiendront.

414. Il ne sera pas nécessaire de laisser couler constamment les eaux du lavage sur le pavé des rues. Outre l'inconvénient d'appauvrir par là quelques-uns des services auxquels ces mêmes eaux doivent subvenir, on éprouverait encore celui, non moins grave, d'entretenir la plupart de ces rues dans un état d'humidité continuel. Ce lavage s'effectuera à certaines

heures du jour et de la nuit; et, pour que l'ordre établi à cet égard ne soit point interverti, les robinets des bouches d'eau seront enfermés dans des bornes ou coffrets de fonte, dont les préposés à ce lavage conserveront les clefs. Les fig. 10 et 11 (Pl. XVIII) représentent une de ces bornes-fontaines vue en deux sens. Les bouches d'eau de chacune de ces bornes-fontaines sont disposées de manière qu'on puisse, en cas d'incendie, y adapter un tuyau de cuir *b* qui porte les eaux, soit dans le réservoir d'une pompe de secours, soit dans l'intérieur de l'édifice embrasé. La figure 12 indique la disposition des bornes-fontaines dans une rue.

415. Nous avons dit que les conduites des distributions principales partaient de l'aquéduc de ceinture qui environne la partie septentrionale de Paris. Cet aquéduc offre plusieurs particularités dignes d'être observées.

On remarque d'abord l'ingénieuse disposition du regard de prise d'eau situé à l'extrémité du bassin de la Villette auprès du point de départ de l'aquéduc de ceinture. Les fig. 3 et 5 (Pl. XVIII) représentent le plan et la coupe de cet édifice, qui est composé d'un puisard circulaire A couvert d'une voûte demi-sphérique. Le mur qui environne le regard et soutient la voûte, a d'un côté une porte *b* et de l'autre sept ouvertures ou fentes *c c c*, etc. Le regard est divisé sur sa hauteur en deux portions par un plancher *d*. L'aquéduc de ceinture B communique avec le puisard, qui est environnné par le réservoir de distribution ouvert D D. Une grille *ff* placée à l'entrée de ce réservoir, est destinée à arrêter les corps flottans qui pourraient être entraînés par le courant de l'eau du bassin de la Villette qui entre dans le réservoir; la grille est couverte par un treillage métallique.

416. Les eaux du réservoir D D sont introduites dans le puisard A au moyen de sept tuyaux de fonte de fer *pp*, recourbés à angles droits et incrustés dans le massif de la maçonnerie du

puisard. Chacun de ces tuyaux est garni d'une bonde destinée à le fermer. La bonde est composée d'un tuyau de cuivre laminé monté sur un châssis *q*, et de trois barreaux de fer verticaux, assemblés à leurs extrémités dans des croisillons de même métal. Une chaîne de fer est fixée au centre des croisillons et s'enroule dans une gorge circulaire adaptée à l'extrémité d'un levier *r* qui a son centre de rotation au centre même de cet arc de cercle.

417. Le long de l'aquéduc de ceinture sont pratiqués plusieurs regards par lesquels on communique de l'extérieur à l'intérieur de ce même aquéduc, soit pour en faire la visite, soit pour le service des travaux que les circonstances peuvent nécessiter.

418. Dans toute l'étendue de cet aquéduc sont établies des prises d'eau pour le service des particuliers. La disposition ingénieuse de ces prises d'eau mérite une attention particulière. Les fig. 6 et 7 (Pl. XVIII) indiquent le plan et l'élévation des puisards ou bâches circulaires adossées au mur de cunette de l'aquéduc pour y établir les prises d'eau dont nous parlons. Les bâches A et B communiquent avec l'aquéduc *c* au moyen d'un siphon *b*, dont la branche la plus courte prend l'eau dans la cunette, et dont la branche la plus longue verse cette eau dans le puisard. Le puisard est couvert d'une voûte dans laquelle est pratiquée une cheminée cylindrique verticale D de 70 centimètres de diamètre, et qui est fermée d'une plaque de fonte. La cheminée forme la communication entre l'intérieur et l'extérieur du puisard.

419. Tels sont les principaux détails de la partie du canal de l'Ourcq destinée à distribuer de l'eau dans Paris.

Les autres détails non moins intéressans relatifs aux canaux de navigation, détails qui sont étrangers au but de cet ouvrage, se trouvent décrits dans les ouvrages de M. *Girard* que nous avons

cités, et plus amplement encore dans un grand ouvrage que M. *Girard* a préparé, et dont la publication est attendue avec impatience par toutes les personnes qui s'intéressent aux progrès des connaissances utiles.

De l'usage des machines pour élever l'eau nécessaire aux besoins d'une population nombreuse.

420. Toutes les fois que l'on peut recueillir une quantité d'eau suffisante pour les besoins d'une ville, et qu'on a la facilité de la conduire immédiatement par des canaux dans un réservoir assez élevé pour qu'elle soit de là distribuée dans tous les quartiers, on doit employer ce moyen : il doit même être préféré à celui des machines, quand il serait plus coûteux; car les machines sont indispensablement sujettes à de grandes dépenses d'entretien, de réparations et de renouvellement. Souvent des accidens imprévus les rendent totalement inactives, ou diminuent de la beaucoup leur produit; et enfin, quelle que soit leur grandeur, le produit en est nécessairement très-limité et presque toujours insuffisant. Néanmoins, il y a des cas où l'on ne peut se dispenser de les employer, soit parce que la dépense qu'exigerait la confection des canaux serait hors de proportion avec les ressources financières de la ville à laquelle il s'agit de fournir une certaine quantité d'eau, soit encore parce que les circonstances locales s'opposent absolument à l'établissement de ces canaux.

421. On distingue trois cas où l'on peut faire usage de machines pour l'objet dont nous nous occupons.

1°. Si une rivière traverse une ville ou coule dans le voisinage, on établit des machines capables d'élever une certaine quantité d'eau dans un réservoir assez haut pour que l'on puisse en dériver des conduites qui fournissent de l'eau aux quartiers de la

ville les plus élevés au-dessus du niveau des eaux de la rivière. Tel est à Paris l'emploi de la machine hydraulique du pont Notre-Dame, et des machines à vapeur de Chaillot et du Gros-Caillou.

2°. On établit quelquefois le long des quais qui bordent une rivière, des machines hydrauliques de médiocre grandeur, dont le but est d'élever une certaine quantité d'eau dans un réservoir d'où elle puisse couler immédiatement dans les tonneaux des porteurs d'eau, par un tuyau de cuir disposé à cet effet. Ces machines facilitent et abrégent singulièrement le remplissage de ces tonneaux, et préviennent les accidens funestes qui pourraient survenir, s'il devait s'effectuer, à bras d'homme, en puisant l'eau dans la rivière même. On voit à Paris de semblables machines qui sont mues par des chevaux, elles sont situées sur le quai de l'École, sur le quai des Ormes, etc.

3°. Il existe des lieux habités, placés sur un plateau élevé dépourvu d'eau; mais des sources ou des courans coulent à un certain éloignement et à un niveau bien inférieur à celui du lieu habité; il s'agit alors d'y élever la totalité ou une partie de cette eau.

422. Pour le premier objet on n'emploie que deux sortes de machines : les unes sont mues par le courant même de la rivière, les autres par des machines à vapeur.

Machines mues par le courant de la rivière.

423. Ces machines sont toujours composées de plusieurs corps de pompes ordinairement foulantes et plus rarement aspirantes-foulantes. Nous avons déjà décrit (74 et suiv.) la disposition ingénieuse des pompes à trois branches et à bâche de la machine du pont Notre-Dame, et nous avons indiqué les avantages qu'offre cette disposition.

424. Dans la plupart des machines de cette espèce les tiges des pistons sont mues par des manivelles triples, c'est-à-dire, par des manivelles à trois coudes, qui font entre eux un angle de 120 degrés. Les figures 1 et 2 (Pl. VI) représentent une manivelle triple, vue de face et de profil. La figure 3 de la même planche indique la manière de réunir cette manivelle à l'axe de la roue qui doit la mettre en mouvement. On voit que l'axe désigné par la lettre A, porte une barre de fer *a* dont l'extrémité *b* équarrie se combine avec l'extrémité *c* de la manivelle, au moyen d'un manchon B, dans lequel elles entrent l'une et l'autre.

425. Il est essentiel de fixer les corps de pompe d'une manière inébranlable; un des meilleurs moyens que l'on emploie à cet effet, est celui indiqué figures 4 et 5 (Pl. VI). Deux moises *a a* et *b b*, placées à une certaine distance, environnent et retiennent le corps de pompe A; et, pour qu'il soit affermi avec toute la solidité possible, on a soin de pratiquer sur la partie extérieure de ce corps de pompe des bourlets circulaires en saillie *d d* et *c c*, qui sont fondus avec le corps même de pompe. Les trous *r r* que l'on voit dans le plan de la moise, livrent passage aux branches de l'étrier du piston, indiquées par les lettres *m m* (figure 6); ils servent de coulisse à ces branches, les empêchent de s'incliner en aucun sens; et ils maintiennent ainsi l'exacte perpendicularité du piston que le mouvement de la manivelle tend toujours à déranger.

426. La fig. 9 (Pl. VI) représente une disposition simple et assez avantageuse que l'on emploie très-fréquemment et avec succès pour transmettre au piston d'une pompe le mouvement communiqué par une manivelle triple *a*. Un des coudes de cette manivelle se combine avec la bièle *b*, qui, de son côté, se combine aussi, au moyen d'un anneau *c*, avec l'extrémité du levier *m m* dont le centre de rotation est en *d*. La

tige *p p* du piston *r* est attachée au même levier. On doit observer que la réunion de ces trois parties en *x* est faite par l'enchaînement de trois anneaux. Cette disposition permet à la bièle *b* et à la tige *p p*, d'avoir un petit mouvement de translation indépendamment de celui de va et vient qui leur est transmis par la manivelle, et c'est en vertu de ce petit mouvement que la tige *p p* peut conserver sa verticalité.

427. Nous pourrions rapporter un grand nombre d'exemples de machines de cette espèce; mais, comme la plupart d'entre elles sont excessivement compliquées et ont des dispositions plus ou moins défectueuses, nous nous bornerons à décrire les trois suivantes dont le mécanisme nous a paru sagement combiné.

Machine du pont Notre-Dame, à Paris, Pl. X, fig. 5.

428. Cette machine est composée de quatre équipages dont chacun comprend trois corps de pompe accolés qui aspirent l'eau, et trois autres qui la refoulent en même temps dans les cuvettes de distribution. Elle peut être considérée comme deux machines séparées, puisque deux des équipages dont nous venons de parler, sont mus par deux grandes roues indépendantes l'une de l'autre. La figure 5 représente une de ces roues et un des équipages qu'elle fait mouvoir. La grande roue A, qui trempe dans l'eau, est accompagnée d'un rouet vertical B, qui engrène avec deux lanternes E et F; l'essieu de la première fait mouvoir une manivelle *q* à tiers point, ou à trois coudes, qui fait agir en même temps trois balanciers H par l'intermédiaire des tringles de fer *a*. Ces balanciers portent à leur extrémité opposée les tringles *b* qui correspondent aux châssis des pistons dont *k* indique le corps de pompe, et *o*, la bâche dans laquelle ces corps de pompe correspondent. (Les figures 7 et 8 de la
*

planche VI font voir plus clairement la construction de la bâche et des corps de pompe.)

429. La lanterne F est placée sur un axe correspondant au rouet horizontal P qui met en mouvement la manivelle coudée 5 par l'intermédiaire de la lanterne O, à l'axe de laquelle elle est adaptée. La manivelle 5 fait agir les tiges des pompes d'un second équipage.

430. La grande roue A est posée sur un châssis mobile *m m*, supporté par quatre tiges verticales *p*, dont on n'aperçoit qu'une seule dans la figure. Ces tiges servent à élever plus ou moins la roue, suivant l'élévation ou l'abaissement du niveau de l'eau de la rivière; on se sert à cet effet de deux forts crics *r r* pour chaque tige.

431. Comme on ne peut changer la situation de la roue sans faire monter ou descendre en même temps les lanternes E et F, qui ne peuvent être séparées de leur rouet commun B, le grand rouet P doit donc se rapprocher plus ou moins de la lanterne F; ainsi il y a un moyeu *x* qui repose et tourne sur une plate-forme *y* comme un pivot sur sa crapaudine, et son essieu *z* peut monter et descendre sans changer la situation du rouet; il suffit pour cela d'ôter les coins *s s* toutes les fois que l'on fait monter ou descendre la grande roue A, et de les remettre quand elle est fixée. Il faut aussi raccourcir ou allonger les tringles *a* et *b* adaptées aux balanciers H.

432. Les pompes élèvent l'eau dans un réservoir à 80 pieds de hauteur. Les fig. 1 et 2 (Pl. XX) représentent le plan et l'élévation de ce réservoir placé au dernier étage d'une tour qui s'élève d'environ 45 pieds au-dessus du rez de chaussée du pont Notre-Dame : ce réservoir reçoit l'eau par six tuyaux ; de là elle descend par trois gros tuyaux, qui, passant ensuite sous le pavé des rues, vont se rendre dans la cage des

fontaines où ils aboutissent, et où ils remontent verticalement, et se déchargent dans des cuvettes particulières. L'eau ensuite redescend de ces cuvettes par plusieurs tuyaux, qui se distribuent dans différens quartiers, en passant encore sous le pavé.

433. Voici les détails du réservoir dont nous venons de parler. *a a a* représentent les tuyaux montans qui déchargent l'eau élevée par la machine dans des cuvettes de plomb formées par les faces *g g* et *h h*, percées d'un grand nombre de trous d'un pouce de diamètre, ayant chacun un canon d'un pouce de saillie un peu évasé, servant à mesurer le produit de la machine : la dépense de chacun est estimée d'un pouce d'eau, lorsque le sommet est surmonté par la surface de l'eau de la hauteur d'une ligne; ainsi quand on veut faire la jauge, on ferme un nombre de ces trous avec des chevilles, n'en laissant d'ouverts qu'autant qu'il en faut pour entretenir l'eau à la hauteur que nous venons de dire, alors on compte avoir autant de pouces d'eau qu'il y a de trous, par lesquels elle sort à gueule-bée.

434. Pour prévenir l'agitation de l'eau dans les cuvettes, et en faire plus exactement la jauge, l'on a pratiqué dans le milieu de la cuvette une languette *k k*, en forme de cloison, soutenue par des liens de fer *l*; cette languette sert à amortir le choc de l'eau versée par les tuyaux montans, pour empêcher qu'elle ne vienne en ondoyant, couler par les jauges, vers lesquelles elle ne peut se rendre qu'en partant du fond de l'espace *m m*, après avoir passé sous la base *n* de la languette; de là elle est reçue dans une seconde cuvette *o*, d'où elle est distribuée selon la répartition qu'on en veut faire : à cet effet on y a pratiqué plusieurs bassinets, dont le pourtour est percé de jauges, comme les précédentes, pour n'y laisser entrer que la quantité d'eau que l'on veut donner aux quartiers qui leur correspondent.

435. Chaque tuyau descendant se ferme, quand on veut, par

le moyen d'une soupape attachée à une tige *x* (Voyez la fig. 3 qui représente ce mécanisme sur une plus grande échelle). Cette tige, dont une partie est taillée en vis, joue dans un écrou *z*, lié à un support *y*; ainsi on lève ou l'on baisse cette soupape en faisant tourner la clef *r*; par ce moyen on interrompt la descente de l'eau, lorsque pour quelque réparation l'on est obligé de mettre une conduite en décharge. Pour empêcher que l'eau n'entraîne des ordures avec elle, l'entrée de chaque tuyau descendant est couverte d'une cloche de laiton, composée de deux pièces assemblées à charnières, percées de trous. Cette cloche n'empêche pas qu'on ne lève ou qu'on ne baisse la soupape. A l'endroit *v* est un tuyau de décharge de superficie, qui conduit à la rivière le superflu de l'eau, lorsqu'il arrive qu'on est obligé de fermer un ou deux tuyaux descendans. Ce tuyau peut aussi servir de décharge du fond, parce que le bord de ce tuyau sur lequel est soudé un boisseau, reçoit une espèce d'entonnoir qui surmonte d'un pouce le niveau ordinaire de l'eau, et qu'on supprime quand on veut mettre les cuvettes à sec.

436. Les fontaines situées dans les divers quartiers de Paris, qui reçoivent l'eau fournie par la machine du pont Notre-Dame, ont chacune un bassinet particulier; le tuyau adapté à ce bassinet ne la conduit pas tout de suite à l'endroit où le public la reçoit, mais dans un réservoir de plomb, représenté figure 5 (Pl. XX). Il est placé à quelques pieds au-dessus du rez de chaussée de la cage de la fontaine, où elle est économisée pour ne couler que lorsqu'on la veut recevoir. Ce réservoir est soutenu par des barres de fer *a a a*, et il reçoit l'eau du tuyau descendant *f* répondant au bassinet de la même fontaine. Le tuyau *g* adapté au fond du réservoir, sert en même temps de décharge de fond, quand on veut avoir de l'eau, et de décharge de superficie quand le réservoir se trouve plein.

Pour produire ce premier effet, ce tuyau communique avec un bout de tuyau vertical *i*, couvert d'une soupape que l'on élève ou que l'on abaisse au moyen d'un tourniquet composé d'une bascule *k l* portée sur une potence *m*, ayant à l'autre extrémité une verge de fer *l n* qui aboutit à un levier coudé *p* soutenu par une potence *r*; or, comme ce levier coudé est lié avec un boulon *q* nommé clef de la fontaine, dont le bouton *s* sort ordinairement de 4 ou 5 pouces, quand la soupape est fermée, il arrive qu'en poussant avec la main ce bouton, le tourniquet fait un mouvement qui contraint l'extrémité *l* de la bascule de descendre, et l'autre *k* de monter, en ouvrant la soupape qui laisse à l'eau la liberté de couler dans le tuyau qui aboutit à l'extrémité de la fontaine; mais aussitôt que l'on vient à lâcher la clef, la soupape se ferme, en faisant faire à la bascule et au tourniquet un mouvement contraire au précédent, ce qui remet la clef dans sa première situation.

437. Quant à la décharge de superficie; à l'endroit *v* le tuyau *g* est adapté avec un boisseau dont le rebord est soudé sur le fond du réservoir, et dans ce boisseau se loge un vase ou entonnoir attaché au tuyau *x v*, dont le sommet qui est accompagné d'un collet, est de quatre ou cinq pouces plus bas que le bord supérieur du réservoir, qui venant à s'emplir pendant la nuit, le superflu de l'eau entre dans le tuyau, sort par l'orifice extérieur de la fontaine et se répand dehors pour nettoyer les rues, et le matin la fontaine se trouve avoir une grande provision d'eau pour fournir abondamment le public.

438. Lorsqu'on veut mettre le réservoir à sec, l'on commence par boucher les jauges qui répondent au bassinet de la fontaine, ensuite on lève le tuyau *v x* pour séparer le vase de son boisseau; alors l'eau coule par le tuyau *g* sans interrompre en rien celle qui est distribuée aux autres fontaines.

Machine de *De Parcieux*, Pl. XXI, fig. 1.

439. Les manivelles coudées dont on se sert dans la plupart des machines hydrauliques, sont coûteuses, d'une difficile exécution, et en outre, elles ont l'inconvénient bien grave d'éloigner plus ou moins de la verticalité les tiges sur lesquelles elles agissent. On a proposé en divers temps des mécanismes qui puissent les remplacer avantageusement. Parmi ces mécanismes on distingue celui mis en usage dans cette machine, remarquable par sa simplicité. Elle est à roue pendante, c'est-à-dire, qui peut s'élever et s'abaisser comme celle du pont Notre-Dame que nous avons décrite. A chaque extrémité de l'arbre de cette roue il y a deux lanternes *b b*, dont les fuseaux sont placés alternativement, c'est-à-dire, qu'un fuseau d'une lanterne répond au milieu de l'intervalle de deux fuseaux de l'autre lanterne.

440. Les deux lanternes de chaque bout de l'arbre, abaissent alternativement deux leviers *a a*, chacun le sien. Chaque levier est lié par un tirant *c* à l'extrémité d'un balancier ou bascule *d*; enfin c'est aux autres extrémités de ces balanciers que sont attachées les verges tirantes des pistons.

441. Jusqu'ici ces pistons ne reçoivent de la machine qu'un mouvement vertical de bas en haut, pour faire monter l'eau, et rien ne les détermine à descendre, si ce n'est leur pesanteur et celle de leurs tirans; mais si toutes les pièces étaient en équilibre, la pesanteur n'aurait plus lieu pour obliger le piston à descendre.

442. Comme le mouvement des balanciers est alternatif, c'est-à-dire, qu'il y a toujours d'un côté de la machine un balancier qui tire le piston, pendant qu'un balancier de l'autre côté doit laisser descendre son piston, *De Parcieux* a combiné

ces deux balanciers ensemble, par un troisième balancier *f* aussi en bascule, en sorte que le balancier qui tire son piston détermine l'autre à se mouvoir en sens contraire et à laisser descendre le sien.

443. Comme la rapidité de la Seine sur laquelle *de Parcieux* proposait d'établir sa machine varie considérablement, il a imaginé de changer les points de tirage de ces balanciers, et de les approcher plus ou moins du centre de leur mouvement suivant le plus ou moins de force du courant.

Pompe d'*Oberdamm*, Pl. XXII, fig. 1.

444. Cette pompe, établie sur l'Alster à Hambourg, a été décrite par M. *Marcel-de-Serres*.

445. La machine d'*Oberdamm* est composée de quatre corps de pompe mis en action par une roue à aubes. Cette machine élève en 24 heures, 38,016 mètres cubes d'eau à 85 pieds de hauteur. Elle est remarquable par la méthode que l'on y a employée, de transmettre le mouvement aux pistons en conservant toujours leur perpendicularité.

446. Chaque tige de piston porte une crémaillère sur une de ses faces; cette crémaillère engrène avec une lanterne dont un seul quart de la circonférence porte des fuseaux au nombre de quatre. Les tiges des pompes sont réunies deux à deux par une chaîne qui passe sur une poulie, et les lanternes qui correspondent aux crémaillères des pistons sont tellement disposées, que, quand l'une des deux cesse de presser sur la crémaillère qui lui appartient, l'autre commence à presser sur la sienne; de cette manière il se trouve toujours que l'un des deux pistons est pressé par sa roue, et comme il tient à l'autre par une chaîne qui les unit, ce dernier, qui devient indépendant de la roue à laquelle il est joint, s'élève de la même quantité dont le premier s'abaisse.

447. Le mouvement est imprimé à la machine par une roue à aubes sur l'arbre de laquelle est fixée une roue dentée; la roue dentée engrène dans une lanterne dont l'axe porte les roues qui opèrent l'élévation et l'abaissement des pistons; ces roues, au nombre de quatre, forment deux à deux le système de va-et-vient dont nous venons de parler, et poussent alternativement les quatre pistons qui forçent l'eau à s'élever dans un réservoir qui n'a rien de particulier; enfin l'eau redescend de ce réservoir par des tuyaux qui la conduisent à sa destination.

Fig. 1 (Pl. XXII) *a*, roue à aubes qui donne le mouvement à toute la machine. — *b*, roue dentée fixée sur l'axe de la roue à aubes. — *c c c c*, roues qui entrent dans la composition du va-et-vient. — *d d d d*, crémaillères fixées à la tige des pistons et qui engrènent avec les roues précédentes. — *e* lanterne qui engrène avec la roue dentée *b*. — *f f f f*, corps de pompe. — *i*, *i*, tuyaux d'ascension en arrachement; au sommet de l'angle, les tuyaux *m m* se réunissent en un seul qui monte verticalement au réservoir d'où partent trois tuyaux de descension qui conduisent l'eau à sa destination.

Machines hydrauliques mues par la vapeur.

448. Au premier aperçu, l'on serait tenté d'affirmer, que le meilleur moyen d'élever l'eau d'une rivière est d'employer une machine où le courant de la rivière même exerce son action motrice. Car, dira-t-on, le courant agit gratuitement, tandis que la vapeur exige une quantité notable de combustible. Cet avantage est sans doute important; mais, en réfléchissant mûrement, l'on s'aperçoit qu'il est compensé et même surpassé par des inconvéniens graves.

Une machine mue par le courant doit être placée dans l'endroit où ce courant a le plus de vigueur, et ordinairement on

cherche à augmenter son énergie, en rétrécissant le lit de la rivière, et en dirigeant, par des digues et des barrages, l'eau contre la roue de la machine : or tout cela nuit à la navigation et encombre la rivière.

449. La force du courant est sujette à de grandes variations, dont le résultat est de rendre inconstant et incertain le produit de la machine; et ce produit sera toujours nécessairement très-limité quelles qu'en soient les dimensions.

450. Une machine, mue par la vapeur, peut être établie dans un lieu où elle ne sera nuisible en aucune manière; composée de matériaux les plus durables, elle sera placée dans un édifice qui peut avoir toute la solidité que l'on peut désirer. Aussi elle n'exigera que des réparations rares et peu importantes en comparaison de celles qui sont indispensables dans les machines mues par le courant.

451. Le produit de la machine n'est point sujet à varier, et le travail n'est jamais interrompu, si l'on a la précaution de placer dans le même édifice deux machines, dont l'une agisse tandis qu'on répare l'autre. On peut d'ailleurs en obtenir un produit bien supérieur à celui que fournirait une machine de la plus grande dimension mue par le courant.

452. La ville de Paris possède deux édifices où sont placées des machines qui élèvent l'eau de la Seine par l'action de la vapeur. Le premier est situé à Chaillot, le second au Gros-Caillou. Un troisième édifice a été érigé au-delà du jardin du Roi, mais il n'a point été mis en activité. Toutes ces machines deviendront superflues lorsque le canal de l'Ourcq sera entièrement achevé.

Machine de Chaillot.

453. Cette machine fut construite par M. *Perrier;* elle est à simple effet, c'est-à-dire, la vapeur n'agit que sur la surface su-

périeure du piston pour le faire descendre, et un contre-poids le fait remonter ensuite. (Voyez ce que nous avons dit sur ce sujet, dans le chapitre 3 du 1er. livre du *Traité de la composition des Machines.*)

454. Elle élève l'eau, au moyen d'une seule pompe aspirante-foulante, à 95 pieds de hauteur. Pour éviter l'intermittence de l'écoulement, cette pompe est munie d'un grand récipient d'air (68). Le tuyau montant conduit l'eau dans un réservoir, placé à cinq ou six cents pieds de distance de la machine, sur les hauteurs de Chaillot; et il s'élève en suivant la pente du terrain. Des tuyaux de conduite partent du réservoir et se dirigent dans les divers quartiers de Paris.

455. Deux machines semblables sont placées dans le même édifice, et elles travaillent alternativement.

Cette machine, qui consomme plus de 20,000 livres de charbon par jour, et qui occasione une dépense journalière de 850 francs, élève environ 64,000 pieds cubes à la hauteur de 95 pieds.

456. Une des machines du Gros-Caillou est à simple effet comme la précédente, et l'eau est élevée au moyen d'une seule pompe munie d'un récipient d'air; mais le réservoir est placé dans une tour qui s'élève au-dessus de l'édifice; quatre tuyaux descendans partent de ce réservoir et conduisent l'eau aux fontaines qu'elle doit alimenter.

457. L'édifice du Gros-Caillou contenait deux machines semblables à simple effet, construites par MM. *Perrier*. Une d'elles a été remplacée par une machine à deux cylindres de M. *Edwards*. Nous aurons occasion de nous occuper de cette machine dans le quatrième livre de ce Traité.

Machines destinées à élever une portion d'un courant d'eau par sa force même.

458. Il n'est pas indifférent de choisir, dans les divers cas qui peuvent se présenter, une machine plutôt qu'une autre; car l'expérience a démontré qu'une machine excellente dans une occasion déterminée devient mauvaise dans une autre.

459. Le belier hydraulique mérite la préférence, non-seulement par sa simplicité, mais encore par l'abondance de son produit, lorsque la hauteur à laquelle on veut faire parvenir l'eau n'est que le double, le triple ou tout au plus le quadruple de la hauteur de la chute; si la première hauteur est plus considérable en comparaison de la seconde, par exemple, si elle est six fois ou huit fois plus grande, alors le belier devient désavantageux, et on doit préférer les pompes mues par des roues hydrauliques, ou par une machine à colonne d'eau.

460. Il y a encore un choix à faire parmi les roues hydrauliques. Lorsque la chute d'eau n'est que de quatre pieds ou moindre, il faut employer une roue à aubes; et, pour en obtenir le plus grand effet, il faut 1°. que sa vitesse soit les deux cinquièmes de celle du courant; 2°. que le coursier n'ait que la largeur purement nécessaire pour que la roue se meuve sans frottemens; 3°. qu'un gradin soit pratiqué au bout inférieur du coursier pour donner un prompt écoulement à l'eau après le choc. (Voyez le chap. 2 du 1er. livre du *Traité de la composition des Machines.*) Dans les pays où la fonte de fer est à bon marché, il est avantageux d'employer cette matière pour en former les aubes et les jantes de la roue. Par ce moyen on obtient une plus grande solidité, et en même temps, la roue acquérant du poids vers sa circonférence, peut en quelque sorte remplir les fonctions de volant et corriger en

partie les irrégularités de mouvement inévitables dans les machines où l'on emploie les pompes.

461. Les roues à aubes sont bien moins avantageuses que celles à pots, puisque la théorie et l'expérience se réunissent pour prouver qu'à égalité de circonstances, le produit des premières n'est environ que la moitié de celui des secondes. Il faut donc employer ces dernières toutes les fois qu'on le peut. M. *Buchanan*, célèbre ingénieur anglais, a rendu un grand service aux arts en imaginant un moyen facile d'employer les roues à pots avec une chute fort basse, et d'en obtenir un effet presqu'égal à celui que produirait l'eau en tombant au point le plus haut de la roue. Cette belle et utile invention est décrite dans le *Traité de la composition des Machines* (parag. 149). On peut l'employer avec succès, lorsqu'on a une chute d'eau de quatre à dix pieds.

462. Si la chute a plus de dix pieds et moins de vingt, la roue à pots de M. *Nouaille de Gréat-Néss* mérite la préférence. Elle est décrite dans le *Traité de la composition des Machines* (parag. 151).

463. La meilleure machine que l'on puisse employer, pour les hautes chutes qui surpassent vingt à trente pieds, est la machine à colonne d'eau (269 et suiv.). Elle est depuis plusieurs années employée avec beaucoup de succès dans les mines d'Allemagne, où, par le peu de volume qu'elle occupe et par le produit très-avantageux qu'elle donne, elle a été reconnue préférable à tous les autres moyens connus.

464. La machine imaginée par l'ingénieux M. de *Trouville*, pourrait peut-être rendre d'utiles services dans plusieurs cas; nous disons peut-être, car on doit regretter que des essais en grand n'aient pas encore été pratiqués pour constater si réellement cette invention si remarquable remplit les espérances qu'elle a fait naître dès son origine.

465. Les norias, les chapelets, les roues à tympan et à escargots, machines très-utiles dans les cas où l'eau ne doit être transportée qu'à une petite élévation, cessent de l'être lorsque cette élévation est grande. Nous ne nous occuperons point des combinaisons de norias, chapelets ou tympans superposés en divers étages pour élever l'eau par plusieurs reprises. Ces combinaisons compliquées et embarrassantes n'ont jamais été employées avec succès, de même que les combinaisons de bascules.

CHAPITRE III.

Des Pompes à incendie.

466. Les pompes destinées à éteindre les incendies, doivent avoir des qualités particulières, qui les distinguent des autres machines hydrauliques. Ces qualités sont :

1°. D'être légères, peu volumineuses, et disposées de manière à pouvoir être transportées d'un lieu à un autre avec la plus grande célérité ;

2°. D'admettre l'action simultanée du plus grand nombre d'hommes possible, lesquels puissent opérer avec vigueur, mais sans secousses préjudiciables à la machine ; qu'il n'y ait, pendant que la machine agit, ni embarras, ni confusion ; que les hommes puissent développer toute leur force dans une position également avantageuse, et qu'aucune partie de cette force ne soit perdue ou absorbée sans utilité ;

3°. De lancer avec continuité la plus grande masse d'eau à la plus grande distance possible ;

4°. De donner la faculté de diriger le jet d'eau dans tous les sens ; de concentrer, ou d'éparpiller ce jet à volonté ;

467. Les pompes à incendie sont ordinairement composées de deux corps de pompe réunis à un récipient d'air. Le tuyau aspirateur est en cuir composé de plusieurs fragmens qui se réunissent entre eux par des anneaux à écrou et à vis. Cette disposition rend le tuyau flexible et léger, permet de l'allonger et de le diriger en tous sens, pour puiser de l'eau dans les puits ou réservoirs d'eau qui se trouvent à la portée du lieu où la pompe doit agir. Dans le cas où ces puits ou réservoirs sont trop éloignés pour pouvoir y plonger le tuyau de cuir, l'eau est transportée dans des seaux par une ou plusieurs files d'hommes, que l'on établit depuis le réservoir d'eau jusqu'à la machine. Les seaux sont passés avec rapidité d'une main à l'autre, et l'eau qu'ils contiennent, est versée dans un récipient qui sert à la fois de base et d'enveloppe à la machine. Ce récipient est monté sur quatre roues, et il a un train, pour être voituré par des chevaux ou des hommes.

468. Le tuyau montant communique avec le récipient d'air au-dessus duquel il s'élève à une petite hauteur, et il se réunit ensuite à un bout de tuyau mobile, qui sert à diriger le jet d'eau; l'union de ces deux tuyaux se fait au moyen d'une bande de cuir dont la flexibilité se prête à tous les mouvemens, ou bien au moyen d'un bout de tuyau recourbé, qui est annexé par des vis aux deux autres. La fig. 2 (Pl. XIV) indique cette disposition. Le tuyau montant B est accompagné d'une boîte à deux anses A, percée et portant un écrou par dedans, avec un rebord intérieur dont le diamètre est de même calibre que le tuyau B qu'elle ne peut abandonner.

469. Le tuyau intermédiaire D, coudé, est taillé en vis par ses extrémités, dont celle d'en haut s'ajuste avec le dernier tuyau C, qui est garni d'une boîte à écrou semblable à la première A, avec cette seule différence qu'elle n'a point d'anses

pour la tourner, parce qu'étant plus petite, elle peut être plus aisément maniée.

470. Le tuyau *c*, qui, comme nous l'avons dit, sert à diriger le jet, est conique, et son ouverture supérieure, fort étroite, donne à l'eau qui la traverse, une grande vitesse : c'est en vertu de la vitesse acquise dans ce passage resserré, qu'elle s'élève à une grande hauteur.

471. Le récipient d'air est indispensable dans les pompes à incendie, pour produire la continuité du jet (68).

Les deux pompes anglaises que nous allons décrire, semblent plus parfaites que celles que l'on construit communément en France.

Pompes à incendie anglaises.

472. Les figures 3, 4, 5 et 6 (Pl. XXIII) représentent les pompes à incendie en usage à Londres. Ces pompes sont, par leur simplicité et par la disposition avantageuse de leurs parties, préférables à la plupart des pompes analogues employées sur le continent. On en construit de six grandeurs différentes auxquelles on applique depuis 8 jusqu'à 24 hommes.

473. Les plus petites fournissent 70 gallons ($7\frac{7}{10}$ pieds cubes de France) par minute, qu'elles lancent à 110 pieds de hauteur. Les plus grosses donnent 120 gallons d'eau par minute, lancée à 156 pieds. Les pompes moyennes, manœuvrées par 14 hommes, donnent 100 gallons, c'est-à-dire, un peu plus de 11 pieds cubes par minute, et portent à 120 pieds.

474. La machine est représentée hors de la caisse qui la renferme à l'ordinaire et qui sert de réservoir, lorsqu'on veut faire agir la pompe en y apportant de l'eau.

A, est le corps de pompe dans lequel le piston B monte et descend. Un corps de pompe absolument semblable est placé à côté en C.

R Y représente un boyau de cuir, garni à l'intérieur d'un fil de laiton assez fort, roulé en spirale pour empêcher que, dans l'aspiration, ce tuyau ne s'aplatisse par la pression de l'atmosphère. Il est plus ou moins long à raison de la distance du réservoir, dans lequel on plonge l'extrémité Y, formée d'un cylindre de métal, percé d'un grand nombre de trous. Ce boyau se visse en R à un canal qui communique au travers d'un robinet, et par l'intérieur du madrier M M, jusqu'à l'orifice *a* que recouvre une soupape au bas du corps de pompe A.

475. On conçoit que, lorsque le piston B est au bas du corps de pompe, et qu'on le soulève, l'eau est aspirée par le boyau Y R, et qu'en soulevant la soupape *a*, elle remplit alors le corps de pompe.

476. Lorsque le piston redescend, cette eau refoulée ne peut prendre le chemin par lequel elle est venue; elle passe par un autre canal dont on voit l'entré en *b*, et qui, creusé aussi dans le madrier MM, va se terminer à une soupape située en *c* au bas du réservoir ou récipient T T.

477. L'air renfermé dans ce récipient est refoulé de bas en haut, à mesure que l'eau arrive par le bas et à chaque coup de piston. Son volume diminue, et sa réaction élastique augmente proportionnellement; ainsi, en supposant le récipient exactement cylindrique et plein d'air au degré de compression qu'il éprouve par la simple pesanteur de l'atmosphère, si l'on faisait remonter l'eau par le refoulement des pistons jusqu'à moitié hauteur du réservoir, l'air, ainsi réduit à un espace moitié moindre, réagirait sur l'eau au-dessous de lui avec une force égale à la pression d'une atmosphère entière.

Cette eau fortement comprimée cherche à s'échapper et ne peut le faire qu'en s'insinuant dans le tuyau V, dont le bout ne

touche pas le fond du récipient; et elle est lancée par le jet I avec une grande impétuosité.

478. Lorsqu'on ne veut pas ou que l'on ne peut pas employer le tuyau d'aspiration Y R, on fait faire un quart de tour au robinet qu'on voit en R; et l'eau, dont la caisse doit être alors préalablement remplie, entre par l'orifice *n* dans le canal d'aspiration.

479. Voici maintenant quel est le mécanisme sur lequel les hommes moteurs agissent. Les deux montans N N portent un axe *z* mobile sur deux tourillons. Cet axe appartient à un espèce de cadre rectangulaire *l l p p* aux côtés duquel s'appliquent les travailleurs qui font alternativement monter et descendre ces deux côtés du cadre par un balancement régulier.

480. Les tiges *t.t* des pistons portent chacune à une de leurs faces deux chaînes logées dans deux cannelures parallèles. Ces chaînes faites à la manière des chaînettes de montre, peuvent se rouler autour d'un arc de cercle *u* et se redresser alternativement sans qu'il résulte sur la tige ni flexion, ni frottement excessif. L'une des deux chaînes est fixée par un bout au bas de la tige, et par l'autre au haut de l'arc circulaire, c'est celle par laquelle le piston est tiré de bas en haut, lorsque la poulie se meut dans ce sens. L'autre chaîne est attachée au haut de la tige et au bas de l'arc; celle-ci produit le refoulement, lorsque la poulie se meut de haut en bas. Chaque chaîne est tendue plus ou moins par un écrou qui agit sur son extrémité.

481. Les ouvriers appliqués aux barres *l l p p* ne sont point les seuls qu'on emploie au travail de la pompe; on en dispose d'autres qui sont debout, avec l'axe entre leurs jambes et qui reposent sur les deux étriers *m m*; ces ouvriers, en s'inclinant alternativement à droite et à gauche, aident du poids de leur corps à l'action des autres travailleurs, et ce même poids,

distribué cependant aux environs du plan vertical dans lequel se trouve le centre de gravité de la machine, contribue efficacement à la maintenir ferme sur sa base. Ces ouvriers ainsi disposés auraient peine à garder leur équilibre sans l'aide d'une barrière qui surmonte la caisse de la pompe, et qui n'est point représentée dans la figure.

482. L'ensemble de la pompe et de sa caisse est monté sur quatre roues basses, et on le transporte depuis le magasin au lieu où est l'incendie, dans un tombereau sur lequel la pompe monte et descend au moyen d'un plan incliné et d'un treuil. Un cheval est attelé au tombereau.

483. Voici les dimensions principales d'une pompe moyenne que quatorze hommes mettent en mouvement.

Diamètre intérieur du corps de pompe. . .	6 pouces.
Jeu du piston.	10
Bras du levier.	24
Rayon de l'axe.	8
Hauteur du tambour.	56
Son diamètre moyen.	11
Diamètre du tuyau V.	$1\frac{3}{4}$
Diamètre intérieur des tuyaux d'apiration et de communication avec le tambour.	$2\frac{1}{4}$

484. Si on compare les pompes à incendie ordinaires à celles que nous venons de décrire, on remarque :

1°. Que dans les premières, l'action des travailleurs qui foulent d'un côté, tend du côté opposé à soulever la caisse entière qui est ainsi secouée tour à tour d'une manière très-nuisible à sa conservation. La pompe anglaise, mieux maintenue sur sa base par le poids des ouvriers disposés dans le plan vertical qui passe par son centre de gravité, souffre beaucoup moins de cet inconvénient.

2°. Dans les secondes, l'eau, dans son mouvement depuis le réservoir jusqu'au jet, éprouve plusieurs changemens de direction, dont quelques-uns à angles droits; il en résulte un frottement et une réaction considérables qui ajoutent au travail des ouvriers; d'ailleurs la *genouillère* destinée à procurer au jet la faculté d'être dirigé de tous les côtés indifféremment, est un appareil compliqué, susceptible d'être dérangé, très-lourd, et dont le poids, placé à l'extrémité d'un assez long tuyau ascendant, fatigue cette partie de la machine. Tous ces inconvéniens sont évités dans les pompes anglaises; l'eau comprimée dans le réservoir monte par le tuyau qui y est simplement plongé, et elle n'éprouve, dans toute sa route ascendante, d'autre changement de direction, que celui qui résulte de l'inclinaison du jet. La genouillère destinée à permettre cette inclinaison n'est autre chose qu'un simple boyau de cuir dont l'extrémité est un tuyau de cuivre battu, très-léger et très-maniable.

Pompe à incendie de *Bramah*.

485. *Bramah*, un des mécaniciens les plus distingués de l'Angleterre, construit d'excellentes pompes à incendie, qui sont d'un très-grand effet. Le conservatoire des arts et métiers en possède une remarquable par son exécution soignée et élégante. Cette pompe, préférable sous tous les rapports à celles dont le corps des pompiers de Paris fait usage, a été prise à bord d'un vaisseau de ligne anglais. Celle que nous allons décrire, quoique construite sur les mêmes principes, est plus simple et d'une construction moins coûteuse. Les figures 1 et 2 (Pl. XXIII) la représentent.

486. Tout le mécanisme est renfermé dans un tonneau ou cylindre de bois A, surmonté d'une caisse B. Cette enveloppe

est fortement assemblée par des cercles serrés à vis, et sa grandeur varie suivant la puissance que l'on veut donner à la pompe.

487. On remarque, dans la partie supérieure du tonneau, un trou de bonde assez grand pour laisser entrer des ouvriers, lorqu'il s'agit de réparer ou visiter la pompe; on peut fermer cette ouverture au moyen d'un tampon et d'un loquet, quand on veut remplir le tonneau d'eau.

Dans la caisse B fixée sur le dessus du tonneau, on range les tuyaux de service et les autres ustensiles. Il y a une division *b*, qui ne sert qu'à recouvrir le globe en cuivre ou le réservoir d'air de la pompe, pour le garantir des accidens.

488. Le tonneau est soutenu par des sommiers *a a* combinés au-dessus des essieux, avec le train de la voiture; il est fortement affermi à ces sommiers par des boulons et des cercles.

489. L'intérieur du tonneau est partagé en trois parties par les cloisons E E emboîtées à rainure dans les douves de côté. La partie de l'extrémité à droite est destinée à contenir le mécanisme de la pompe, ainsi que les bras des leviers à droite, qui doivent le faire agir. La partie du milieu forme un réservoir d'eau pour alimenter la machine; et enfin la dernière partie ne contient que les bras des leviers à gauche.

490. Les leviers indiqués par les lettres P P passent à travers des fentes C C.

G est un corps de pompe à piston tournant, construit d'après le système que nous avons indiqué (105), et qui se trouve représenté fig. 2 et 3 (Pl. VII). L'axe du piston tournant de cette pompe passe au travers de la cloison E; on rend cet endroit à l'épreuve de l'eau au moyen d'un rebord et de plusieurs colliers de cuir boulonnés fortement au moyen des écrous *h h*.

491. (Pl. XXIII, fi. 1 et 2) H, est une tige combinée avec l'extrémité de l'axe du piston tournant au moyen d'un collier à clavette

L; l'autre bout de cette tige traverse une boîte à cuir K dans la cloison à gauche E. Cette tige traverse encore l'espace à gauche M, en passant à travers le centre des bras du levier P, ensuite il se termine dans un tourillon ou boîte à cuir N recouverte d'une boîte à crapaudine *o*. Par ce moyen, les leviers des deux extrémités sont combinés et se meuvent simultanément. Les entailles *c c* dans lesquelles ils passent, n'ont que la longueur indispensable pour fixer la course déterminée des leviers, afin d'empêcher qu'on ne dégrade la machine, par la vivacité du travail, qui est toujours fort pressé dans les événemens où l'on emploie cette pompe.

T, robinet d'aspiration adapté à un tuyau dont une partie U communique avec l'intérieur du réservoir, et l'autre partie V, avec les tuyaux d'aspiration W. Cette partie V est terminée par une vis qui sert à ajuster le couvercle *v* ainsi que les tuyaux d'aspiration W.

492. Y tuyau de refoulement, passant à travers le fond à gauche, sur lequel est vissé le tuyau de décharge pour l'extinction des incendies ; hors le service actif, on le ferme avec un couvercle *v* qu'on voit suspendu au bout d'une chaîne. C'est par ce passage qu'on peut, en changeant le robinet à coulisse S, remplir le réservoir E. Ce robinet à coulisse ouvre et ferme la communication du bras foulant, afin de remplir le réservoir, par le seul effet de l'aspiration, lors du jeu de la pompe.

Z globe ou réservoir d'air; il est en cuivre.

493. La figure 7 (Pl. XXIII) représente un ajustage pour le tuyau de décharge, lorsqu'on veut disperser l'eau en diverses directions. L'ouverture de ces trous doit être plus grande que celle des trous du passoir du tuyau d'aspiration W figure 1 ; cinq seizièmes de pouces de diamètre suffiront pour une pompe de forte dimension. On ne doit se servir de ces ajustages d'arrosement que lorsqu'on peut s'approcher de très-près de l'endroit

où l'incendie a commencé. Dans tous les autres cas, il faut se servir de tuyaux de décharge ordinaires.

CHAPITRE IV.

Du desséchement des marais.

494. Le desséchement des marais, des étangs, et, en général, de toute masse d'eau stagnante, est un service éminent que l'on rend à la société, et une source de richesses pour le capitaliste qui entreprend cette utile spéculation; en supposant, cependant, qu'il ait les connaissances nécessaires pour la diriger avec sagesse et intelligence, et qu'il sache mettre à profit l'expérience des personnes versées dans ces sortes de travaux.

495. Par le desséchement, la salubrité est rendue à des pays infortunés que des fièvres intermittentes et des épidémies meurtrières avaient dépeuplés: par le desséchement, de grandes surfaces incultes deviennent productives.

496. Aucune spéculation ne mérite davantage la protection spéciale du gouvernement. La France contient encore plus d'un million cinq cent mille arpens de terrains submergés. Quelle source de richesses, si l'on parvenait à livrer à l'agriculture cet espace immense! On remarque avec satisfaction que plusieurs grandes entreprises de ce genre sont maintenant en activité; le desséchement de la belle vallée d'Autin, mérite, entr'autres, d'être mentionné. Ce desséchement a été commencé dans le printemps de l'année 1818, et il sera terminé dans l'année courante 1819. Il embrasse une étendue de six lieues et demie. Le local est situé entre Montreuil et Abbeville; on est parvenu, au moyen de

digues et d'écluses, à maîtriser le flux de la mer, dans laquelle s'écoulent les eaux superflues de la vallée.

497. Avant d'entreprendre le desséchement d'un terrain marécageux, il importe de connaître les causes qui ont produit et qui entretiennent sa submersion, afin de les détruire. Pour parvenir à cette connaissance, il faut faire avant tout un nivellement exact.

Quatre causes principales peuvent donner lieu à la formation d'un marais: 1°. l'abandon d'un terrain inculte qui ne tarde pas à se couvrir d'eaux qui, devenues stagnantes, se creusent imperceptiblement un bassin plus ou moins grand ; 2°. la disposition du terrain ; les eaux couvrent aisément une surface peu inclinée et y forment de petites mares continuellement alimentées ; les roseaux croissent, la nappe augmente, ces petites mares s'agrandissent, se rejoignent et forment un marais ; 3°. les infiltrations de l'eau d'un canal ou d'une rivière.

On peut parvenir à dessécher un espace submergé par trois moyens : 1°. par des plantations ; 2°. par des saignées ; 3°. par des épuisemens mécaniques. Nous ne ferons qu'indiquer les deux premiers, pour nous arrêter spécialement sur le troisième.

Desséchemens par plantations.

498. Il est des marais que leur position ne permet pas de dessécher faute d'écoulement. Alors le meilleur moyen de les affermir est de les planter entièrement en saules, en aunes, en peupliers, en osiers, et d'y semer beaucoup de plantes labiées, renonculées, ombellifères, etc. Au bout de quelques années le sol s'élèvera et se trouvera desséché. L'expérience a prouvé qu'un saule de dix ans, par exemple, pouvait absorber près de six livres d'eau en vingt-quatre heures.

Desséchemens par saignées.

499. Dans plusieurs cas on peut opérer immédiatement le desséchement, en creusant des rigoles et des canaux qui aboutissent à une rivière ou à un courant d'eau quelconque. Les terres provenant de ces déblais servent à exhausser et à consolider le sol, en même temps que les rigoles elles-mêmes facilitent la retraite des eaux stagnantes. On plante ensuite sur leurs bords des saules, des aunes et des osiers, pour en soutenir les terres vaseuses. Les peupliers du Canada, de Suisse et d'Italie, les frênes, les érables réussissent aussi fort bien dans des terrains de cette nature.

500. Lorsqu'on exécute ces sortes de travaux, il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas compromettre la santé des ouvriers. Elles consistent principalement : 1o. à les commencer dans la belle saison, et à les terminer avant les pluies d'automme; 2°. à donner d'abord de l'écoulement aux eaux stagnantes; 3°. à varier le travail des ouvriers, de sorte que celui qui aura été employé un ou deux jours à creuser des rigoles ou des fossés dans la vase, soit occupé le lendemain au transport des terres, aux plantations; 4°. à relever les parties de terrain destinées à la culture; 5°. à veiller à ce que, dans les grandes chaleurs, les ouvriers soutiennent leurs forces par un peu d'eau-de-vie prise le matin; 6°. à ce que les ouvriers ne se reposent ni ne dorment jamais sur les terres nouvellement remuées, et qu'ils n'y prennent point leur repas. Tels sont les moyens que M. *Sommariva* employa avec le plus grand succès lorsqu'il entreprit le desséchement de l'étang de Coquenard.

501. La figure 2 (Pl. XXII) représente une bêche employée en Angleterre pour creuser les rigoles de desséchement dans les marais. L'ouvrier qui doit s'en servir se place sur un

châssis de bois (fig. 3) composé de madriers de chêne parallèles *a a*, et de deux traverses *b b* à l'une desquelles est adaptée une cheville *d* qui sert à enlever le châssis. L'objet de ce châssis est de donner un appui solide aux pieds de l'ouvrier, et en même temps de diriger son travail. L'ouvrier place la bêche entre les madriers *a a;* cette bêche est composée d'un manche *m* garni d'une bande en fer pour soutenir l'effort; de deux ailes ou parties saillantes *b b* qui servent à deux usages: 1°. à déterminer la profondeur à laquelle doit s'enfoncer la bêche; 2°. à servir d'appui aux pieds de l'ouvrier qui monte dessus pour produire par le poids de son corps l'enfoncement de la bêche jusqu'à ce que le dessous des ailes vienne à buter sur les madriers. Le fer de l'outil *u* est concave et aiguisé de manière à couper sur les côtés : le fond doit être acéré.

502. Dans quelques parties de l'Angleterre, on creuse les rigoles de desséchement au moyen d'une grande charrue avec deux coutres divergens dont l'usage est de couper le fossé de desséchement; elles exigent, suivant l'humidité du sol, de 13 à 20 chevaux.

503. M. *Adam Scott* a inventé une charrue à dessécher qui est décrite dans le vol. 15, *Transactions of the Society of arts,* et dont nous donnerons la figure et une plus ample description dans le traité spécial des machines d'agriculture. Cette charrue consiste en un coutre de 15 pouces de long sur 2 et demi de large destiné à trancher le gazon. Derrière ce coutre est un cône fixé dans une direction horizontale; il est en fonte de fer de 20 pouces de long et 2 et demi de diamètre à sa base. Au milieu se trouve attachée une barre verticale de 2 pieds de long sur 3 pouces et demi de large, aiguisée en tranchant. On fait entrer ce cône 6 à 8 pouces au-dessous du sol, dans les marécages, pendant le printemps et l'automne, et on lui fait par-

courir plusieurs lignes parallèles dans la direction de la pente naturelle.

Desséchemens par épuisemens.

504. Pour dessécher un terrain submergé, il faut d'abord contenir les eaux extérieures, et les empêcher de s'écouler dans l'espace que l'on veut mettre à sec. Il faut ensuite vider les eaux intérieures.

505. On remplit le premier objet en environnant par des digues l'espace à dessécher. Ces digues doivent être construites et fondées de manière à empêcher toute infiltration; ainsi elles ne doivent être fondées, ni sur un fond calcaire perméable, ni sur un sol qui n'offrirait qu'un sable cru; leur base doit porter sur un fond d'argile, ou bien sur un banc imperméable à l'eau.

506. Cependant, si l'on ne rencontre que des terrains pénétrables à l'eau, il faut couvrir la digue, qu'on serait obligé d'y établir, d'arbres, d'arbrisseaux, de tamarins, et y semer des gazons. Bientôt les racines entrelacées consolident le terrain; les feuilles pouries, les débris des plantes couvrent ces digues de terre végétale et de gazon qui arrêtent les eaux; mais dans ces cas il ne serait pas prudent d'entreprendre des travaux en grand avant d'avoir fait précéder quelques essais.

507. Ces sortes de digues étant peu solides, les premières années on a un moyen ingénieux de les défendre; c'est de les couvrir de longs *roseaux choins* ou *massates* et autres plantes aquatiques, que les marais produisent en abondance; on les contient par des perches saisies elles-mêmes par des crochets de bois enfoncés dans la terre.

508. On remplit le second objet au moyen de siphons ou de machines. Les siphons sont employés toutes les fois que l'on peut faire écouler l'eau en un lieu plus bas à une distance quel-

conque. Dans ce cas l'usage des siphons épargne souvent des dépenses considérables d'excavation.

Siphons, Pl. XIII, fig. 1.

509. M. *Lebrun* employa le siphon que nous allons décrire pour effectuer les épuisemens exigés pour réparer une digue construite sur la Moselle. (*a*) Le siphon transvasait l'eau au-delà de la digue. La différence de niveau en dedans et en dehors était d'environ un mètre; la longue branche du siphon établi sur la largeur de la digue avait 30 mètres de longueur sur un diamètre de 8 centimètres: les deux extrémités du siphon étaient fermées par des tampons en bois; on remplissait d'eau le siphon par l'entonnoir *i*, l'air de ce siphon sortait par le robinet *m*. Lorsqu'il était plein d'eau, on fermait ce robinet; on vissait un couvercle sur l'entonnoir, et on tenait le robinet *k* ouvert. La vitesse de l'eau dans le siphon n'étant pas très-grande, l'air entraîné par cette eau s'accumulait dans le point le plus élevé du siphon, et se logeait dans l'entonnoir *i*; pour enlever cet air, on fermait le robinet *k*, et on ôtait le couvercle de l'entonnoir, que l'on remettait après avoir rempli d'eau cet entonnoir; alors on ouvrait le robinet *k*. On avait placé sur le couvercle un tube en verre qui permettait de voir une aiguille supportée par un flotteur, et qui indiquait le moment où il fallait évacuer l'air et remplir l'entonnoir d'eau.

510. Les grands siphons employés dans les épuisemens peuvent être construits en maçonnerie; on en a un exemple dans les travaux exécutés au canal de Languedoc, près de Capestang et de Ventenac, dans les années 1776 et 1778.

511. Les siphons ne peuvent servir que dans les cas où le ni-

---

(*a*) Hachette, *Traité des machines*, pag. 27.

veau de l'eau à épuiser se trouve plus élevé que celui où l'on veut que cette eau aille s'écouler; dans les autres cas, il faut indispensablement recourir aux machines. Nous distinguerons trois sortes de machines employées à cet effet; 1°. Les machines mues par des chevaux; 2 . les machines mues par le vent, telles que les *polders* des Hollandais; et enfin celles mues par la vapeur, dont nous citerons un exemple en décrivant les travaux effectués pour le desséchement de l'étang de Citis.

Machines mues par les hommes ou par les animaux.

512. Lorsque, pour effectuer un desséchement, il s'agit d'élever une quantité d'eau peu considérable à la hauteur de trois à quatre pieds, le mode d'épuisement le plus simple, le plus économique et en même temps le plus expéditif est le *baquetage*.

Baquetage.

513. On appelle *baquetage* tout épuisement effectué par des hommes à l'aide de *seaux*, de vans, de pelles creuses qu'ils mettent en action sans aucun intermédiaire ni appui. (Voyez le chap. 1er. du 1er. livre de ce Traité.)

514. Pour peu que ce travail doive être prolongé avec activité, le baquetage devient aussi fatigant que productif; on a donc cherché à alléger le travail des hommes, en soutenant sur des axes tournans les seaux qu'on devait mettre en action, et l'on a inventé les bascules simples.

Bascules.

515. Les figures 2 et 9 (Pl. I), et les figures 6 et 7 (Pl. II), indiquent quatre sortes de bascules très-simples dont on peut faire un bon usage en diverses circonstances.

Manéges.

516. Souvent la quantité d'eau à élever est tellement grande, que les moyens simples que nous venons d'indiquer sont insuffisans, et la force des hommes trop faible; alors il faut recourir à des agens plus puissans, tels que les chevaux, ou mieux encore la vapeur.

Manége à bascule, Pl. I, fig. 10 et 11.

517. On trouve dans l'ancien recueil de *Besson* une bascule fort ingénieuse mue par un cheval. Elle pourrait être employée pour élever l'eau à 8 ou 10 pieds de hauteur.

518. Cette bascule dont on voit le plan (fig. 11), et l'élévation (fig. 10), porte à ses extrémités deux seaux *a* et *b*, qui sont suspendus à des boulons sur lesquels ils peuvent librement tourner.

519. *b b* indique le réservoir où les seaux déposent l'eau qu'ils ont puisée. — *d d* est la plate-forme du manége dans laquelle sont deux trous *m m* par où les seaux descendent pour puiser l'eau.

520. La bascule *p p* est retenue entre quatre montans *c c c c* qui ne lui laissent d'autre mouvement que celui d'ascension et de descente dans un plan vertical.

521. La bascule est mise en mouvement par le manége de la manière suivante. L'axe A de ce manége porte une plate-forme oblique *r r* dans laquelle se trouve une cavité circulaire où entre un tenon saillant *s* de la bascule. On conçoit que, si un cheval appliqué au levier *d* fait tourner l'axe A et conséquemment la plate-forme *r r*, cette plate-forme, à cause de son obliquité, communiquera à la bascule le mouvement de dépression et d'élévation qui transportera un des seaux vers le

bassin pour se vider, et fera descendre en même temps l'autre pour puiser.

Polders.

522. On donne ce nom aux grands desséchemens en Hollande et dans la Flandre maritime.

(*a*) Il existait entre les villes de Dunkerque, Berg-Saint-Vinox, Honscoote et Furnes, des lacs connus sous le nom de Moërs. Ces lacs furent desséchés au commencement du seizième siècle, et furent cultivés jusqu'en 1746, époque où ces terrains furent inondés par les eaux de la mer pour la défense de Dunkerque alors assiégé. Plusieurs tentatives, faites depuis cette époque, pour rendre de nouveau ces lacs à la culture, n'eurent pour résultat que la ruine de ceux qui les ont entreprises. Enfin les frères *Harwyn* conçurent le projet hardi de séparer les lacs par une chaussée, ce qui forma *trois polders*, contenant ensemble trois mille arpens séparés par des digues et des écluses. Pour élever les eaux, ils construisirent cinq moulins à vent qui les versèrent dans un canal de ceinture d'où elles s'écoulèrent au port de Dunkerque. Leurs dépenses furent presque entièrement perdues en 1793 par suite de la guerre; les polders furent submergés et ensuite mis de nouveau à sec. Aujourd'hui ce terrain est couvert d'arbres, de moissons et de prairies dans la plus grande partie de son étendue; et dès que les eaux des pluies auront dessalé la partie que les eaux de la mer ont depuis long-temps couverte, le tout sera en état de reproduction complète.

523. Les figures 1, 2, 3, de la pl. XXIV, indiquent trois moulins à vent en usage en Hollande pour épuiser les eaux qui

---

(*a*) *Cours d'agriculture*, tom. X, pag. 289.

ne peuvent s'écouler, ou bien encore pour servir aux irrigations des prairies.

524. Ces moulins tournent à tout vent au moyen d'une girouette *a* composée de planches fort minces. L'arbre *b* de ces moulins est fixé et bien affermi dans le terrain; tout le reste de l'assemblage est mobile et tourne avec la girouette.

525. Le moulin, fig. 1, élève l'eau au moyen d'une roue B garnie de palettes qui ressemblent à des cuillères. Ces cuillères, représentées sur une plus grande échelle, fig. 4, au lieu de verser l'eau à la manière des godets des roues ordinaires, la lancent dans la rigole circulaire qui environne le puisard, ce qui se fait avec beaucoup de vitesse.

526. Dans les terrains que l'on veut dessécher à l'aide de ces moulins, on fait un fossé circulaire qui reçoit l'eau à épuiser, et le moulin est placé au centre de ce fossé. L'eau est élevée dans un canal également circulaire d'où elle se rend dans les rigoles d'écoulement.

527. La fig. 2 représente un moulin qui élève l'eau au moyen d'une pompe aspirante dont le piston est mu par un coude, ou manivelle, adapté à l'axe du volant. Cette machine est moins productive, mais aussi moins embarrassante à construire et à disposer que celle indiquée fig. 1.

528. La fig. 3 représente une noria mue par le vent. Elle puise l'eau dans un bassin circulaire dont le pivot de la machine occupe le centre, et elle verse l'eau dans l'auge annulaire *a a*, en traversant son axe qui est creux. Ainsi l'eau élevée par la noria est d'abord versée dans le tambour *b*, lequel est formé par deux plateaux soutenus par un certain nombre de fuseaux (Pl. II, fig. 10), et divisé en quatre cellules, chacune desquelles communique au moyen d'une ouverture à clapet, avec l'intérieur du tuyau qui sert de conduite à l'eau pour arriver dans

l'auge. L'axe *p p* tourne dans deux collets *m* et *n* disposés de façon qu'il ne touche pas le pivot ou arbre immobile *x*, autour duquel tourne toute la machine pour être dirigée par la girouette selon le vent. L'auge *a a* est soutenue sur des poteaux assemblés par des croix de Saint-André; et pour que l'auge puisse se décharger sans interrompre le mouvement des ailes du moulin, on a établi un tuyau *f* ou bien encore un siphon qui reçoit l'eau pour la conduire où l'on souhaite.

529. L'axe *p p* étant plus chargé du côté des ailes que de l'autre, on peut rétablir l'équilibre en attachant des poids à l'extrémité de la girouette.

530. La noria est, comme on le voit, composée de deux cordes sans fin *l l* qui portent un certain nombre de barils *g g g* suspendus à distances égales. Un de ces barils *g* est dessiné plus en grand dans la fig. 10 (Pl. II). Aussitôt qu'il a dépassé la hauteur du diamètre horizontal du tambour A A, il s'incline progressivement et verse l'eau dans la cellule *a*; le clapet *c* s'ouvre, l'eau entre dans le creux de l'axe B, qu'elle parcourt pour se dégorger. Chaque cellule communique, de la même manière, avec le creux de l'axe, et les clapets des ouvertures de communication s'ouvrent et se ferment par leur poids, de sorte que toutes les fois qu'un baril est parvenu vers le sommet du tambour ou *lanterne* il verse l'eau, qui trouve le passage ouvert pour entrer dans le tuyau; un instant après le trou qui était ouvert se ferme; et ainsi de suite.

Machine à vapeur.

531. Dans les cas où il s'agit d'épuiser une masse considérable d'eau, et d'élever cette eau à une grande hauteur, pour lui donner de l'écoulement, les machines que nous venons d'indiquer, et toutes les autres analogues, sont ordinairement in-

suffisantes. Il faut alors recourir à l'agent le plus actif et le plus puissant que le génie ait su s'approprier, je parle de la vapeur. A l'aide de ce moteur dont l'énergie n'a pour ainsi dire point de limites, et qui possède la propriété précieuse d'agir en tous lieux et en tout temps, on peut surmonter les difficultés les plus grandes et effectuer les desséchemens les plus considérables. Le desséchement de l'étang de Citis nous en offre un exemple mémorable.

Desséchement de l'étang de Citis.

532. On trouve dans le tome 20 du *Journal des Mines*, une description du desséchement de cet étang qui offrait de très-grandes difficultés. Nous allons donner un extrait de cette intéressante description.

L'étang de Citis est situé au sud-ouest du département des Bouches-du-Rhône, à une petite distance d'un bras de mer appelé *l'étang de Berre*. Plusieurs autres étangs se trouvent dans le voisinage, mais celui de Citis est plus bas de plusieurs pieds, et son niveau est d'environ 25 pieds au-dessous de celui de la mer. On doit considérer cet étang comme un vaste terrain fermé par de hautes montagnes, dans lequel les eaux pluviales se sont accumulées, et où elles sont obligées de séjourner, n'ayant aucune issue.

533. Auprès de l'étang de Citis se trouve celui de Lavalduc dont les eaux sont salées à 16 degrés : la facilité de faire couler ces eaux, en ouvrant un passage dans une montagne qui les sépare, et le décroissement des eaux de Citis survenu après plusieurs années de sécheresse, ont donné lieu à l'établissement de la saline de Citis. Ce fut une société qui en fit les frais; elle voulut prévenir le nouvel accroissement des eaux, et parvenir insensiblement à l'entier desséchement, en arrêtant sur les

flancs des montagnes les eaux pluviales qui seules alimentaient l'étang. Cet essai ayant eu un succès complet, cet établissement prit de l'accroissement, et devenait d'une très-grande importance quand il fut submergé, après un hiver mémorable, par les pluies excessives qui ne cessèrent de tomber pendant trois mois consécutifs. Les eaux pluviales, plus abondantes que de coutume, n'ayant pu couler facilement dans le fossé, ont renversé, par leur poids, les faibles digues qui les soutenaient sur le penchant des montagnes, et sont descendues dans l'étang.

534. Cet événement parut sans remède, et on allait abandonner la saline, quand M. *Auguste de Jessé* se proposa pour faire le desséchement en y employant les machines à vapeur. Admis à donner une idée de ses moyens, il prouva la possibilité de faire couler les eaux dans la mer par-dessus les montagnes, quoiqu'elles fussent élevées à 162 pieds au-dessus du fond de l'étang de Citis, et il offrit de faire l'entreprise à ses frais. Ses propositions furent acceptées.

535. Il commença par corriger les fautes qui avaient été commises dans la construction du fossé de ceinture; il en a relevé considérablement le niveau, lui a par là donné une pente plus rapide vers son issue. Ce fossé a été soutenu, dans les parties escarpées, par des chaussées en maçonnerie. Pour éviter que la chute des eaux dans le fossé ne fût trop considérable, leur direction verticale a été contrariée, et, suivant les localités, on leur a donné des pentes différentes.

536. A quelque distance de l'étang, sur le penchant de la montagne, on a établi les ateliers et la machine à vapeur; on y a creusé un puits dont la base est au-dessous du niveau du fond de l'étang: à la suite de cette base commence une galerie horizontale de 300 pieds de long qui va aboutir dans l'étang. Cette galerie porte les eaux de l'étang dans le puits. On

a été obligé, par cette raison, de la voûter dans toute sa longueur. On a établi dans le puits des pompes; tout auprès est la machine à vapeur, qui par l'addition d'un volant, d'une bielle, et d'une manivelle coudée, donne le mouvement alternatif aux pompes. A côté de ces pompes et dans le puits, sont des tuyaux verticaux ayant une communication avec les pompes, et se réunissant par un coude à l'orifice du puits; à cette réunion est adapté un cylindre creux en fonte de 420 pieds de long dirigé vers la montagne. Cette montagne étant moins élevée que celles qui viennent ensuite, on a été obligé d'élever ce tuyau sur des piliers en maçonnerie pour établir un niveau commun entre elles. Un tuyau en bois, soutenu par des *chèvres*, ou pièces de bois obliques, réunit la première montagne avec celle qui suit; il a 840 pieds de long. A la suite commence un canal de 2340 pieds, il est tracé dans le roc à la profondeur moyenne de 9 pieds. Pour réunir la crête de toutes ces montagnes, on a été obligé de jeter plusieurs ponts-aquéducs, sur lesquels le canal passe. On aurait pu donner moins de profondeur au canal, en élevant davantage le tuyau de fonte oblique, et par suite, le tuyau horizontal en bois; mais ces objets auraient perdu de leur solidité, et auraient été trop en prise au vent en les élevant davantage. Si au contraire on avait appuyé le tuyau oblique immédiatement sur la montagne pour supprimer le tuyau horizontal, il aurait fallu donner au canal une profondeur extraordinaire, ou tracer une galerie dans le roc, qui aurait été excessivement coûteuse.

537. Ainsi, le système adopté par M. *de Jessé*, a été de mettre en jeu les pompes au moyen de la machine à vapeur; ces pompes aspirent l'eau du puits et la foulent dans les tuyaux verticaux, d'où elle passe dans le tuyau oblique où elle s'élève graduellement jusqu'au sommet de la première montagne; de là elle coule dans

le conduit horizontal en bois, pour se rendre dans le canal, et se jeter enfin dans la mer.

La machine donnait 32 pulsations par minute, et elle élèvait en 24 heures 57,500 pieds cubes d'eau.

CHAPITRE VI.

Des Irrigations.

538. Le mot *irrigation* signifie un arrosement à grande eau procuré par des constructions convenables et opéré à la fois sur une certaine étendue de terrain.

539. Les irrigations bien dirigées sont une source féconde de prospérité et de richesses. Il paraît que les anciens pratiquaient l'art des irrigations avec autant de succès que de perfection. Aussi l'Égypte, la Grèce la Sicile devaient en grande partie leur étonnante fertilité à la merveilleuse distribution des eaux. Sans remonter à des époques aussi reculées, il suffit, de considérer en Suisse, en Hollande, en Angleterre et surtout en Lombardie, la très-grande utilité que la pratique des irrigations apporte à ces pays industrieux.

En France, où cet art bienfaisant n'est pas assez généralement répandu, le département des Hautes-Alpes nous offre un exemple bien frappant des améliorations extraordinaires que l'on obtient par les irrigations. Plus de 500 canaux répandent la fertilité et l'abondance dans cette contrée, et par leur moyen des terres dont la valeur était de 40 à 50 francs l'hectare, ont été portées à 400 et 500 francs.

540. Il est plusieurs sortes d'irrigations qui se pratiquent à différentes époques de l'année, à différentes heures du jour, et

qui varient suivant les climats, les localités, la nature des terres et l'objet de la culture.

541. Le premier moyen est celui qui consiste à amener sur le sol en culture les eaux d'une rivière, d'un étang ou d'un courant quelconque.

542. Le second, appelé irrigation par infiltration, consiste à environner d'un canal d'eau le terrain que l'on veut humecter, et de tenir cette eau au niveau du terrain. Ce moyen n'est praticable en grand que dans les pays plats dont le sol est tourbeux et sablonneux.

543. Le troisième consiste à creuser des puits dits artésiens dont l'eau a la propriété de s'élever par elle-même, de se répandre et de couler sur le terrain environnant.

Le quatrième consiste à élever l'eau par des machines.

Irrigation par des canaux.

544. Les travaux relatifs à cette espèce d'irrigation renferment: 1°. la prise d'eau, 2°. le canal principal de dérivation, 3°. un certain nombre de *barrages* ou vannes, 4°. les rigoles maîtresses, 5°. les rigoles secondaires, 6°. les fossés ou rigoles de desséchement, 7°. les vannes, les fossés de décharge, les digues, et en général les travaux dont le but est de préserver de dommages les terrains limitrophes.

Prise d'eau.

545. Lorsque le cours d'eau, dont on veut disposer, n'est qu'un faible ruisseau, la prise d'eau s'effectue par un simple barrage en fascines ou bâtardeau temporaire, que l'on fait disparaître, lorsque l'irrigation est terminée.

546. Si la masse d'eau à dériver est plus considérable, il faut alors avoir recours à des barrages plus solides en maçonnerie ou en charpente.

547. Si le courant d'eau a une pente très-rapide, il est souvent plus avantageux d'opérer la prise d'eau à l'aide d'une roue à pots que par le moyen des barrages qui peuvent dans ce cas occasioner des inondations et des ravages pendant les pluies considérables et la fonte des neiges. La roue à pots mue par le courant même, élève la portion d'eau destinée aux irrigations et la dépose dans un réservoir placé à une hauteur telle que l'eau puisse s'écouler sur toute l'étendue du terrain à arroser.

548. Les barrages à effectuer doivent avoir assez de solidité pour résister au choc et à la pression des plus grandes eaux supérieures. Ces barrages forment une espèce de bassin ou réservoir qui doit être disposé de manière que les eaux qu'il recevra ne puissent submerger les terrains environnans; à cet effet, il faut que le point le plus élevé du barrage soit de six ou sept pouces plus bas que le niveau des berges du courant d'eau qui alimente le réservoir.

549. On consolide le réservoir par un glacis ou contre-fort qui le contrebutte dans toute sa longueur. Ce glacis doit être fort incliné, et, s'il est possible, il doit être revêtu, ainsi que le pourtour supérieur du réservoir, de pierres plates, longues de queue, posées debout et bien arasées conformément à l'inclinaison du glacis. Au défaut de pierres, on peut effectuer ce revêtement par un bâtis de charpente, assemblé en forme de grillage à larges cases, dont les pièces extrêmes formeraient le couronnement du réservoir.

Canal de dérivation.

550. Ce canal est destiné à recevoir les eaux détournées ou dérivées d'un cours d'eau par la construction d'un réservoir, ou élevées à l'aide d'une machine hydraulique, et à les conduire

sur les parties les plus élevées d'un terrain pour les répandre ensuite sur tous les points de sa surface.

551. Le tracé de ce canal doit passer par les points les plus élevés du terrain à inonder, et il faut qu'il ait, autant qu'il est possible, une pente uniforme et régulière, qui ne soit ni trop forte ni trop faible. Les dimensions de ce canal doivent être proportionnées au volume des eaux qu'il doit recevoir. Les bords seront établis en talus d'autant moins rapides que le terrain aura moins de consistance. (Voyez les détails que nous avons exposés dans le *Traité de la composition des Machines*, c ap. II, livre I, sur la construction des canaux de dérivation.)

Vannes d'irrigation.

552. Ce sont des barrages temporaires placés en divers endroits sur la canal de dérivation pour arrêter ses eaux et les forcer à se répandre par des ouvertures pratiquées dans la berge, ou bien, à surmonter la berge, lorsque la pente du terrain est très-petite.

553. La construction de ces vannes consiste 1°. en deux empatemens extrêmes de deux ou trois pieds de longueur en maçonnerie, établis sur une fondation commune avec le radier de la vanne; ce radier, en maçonnerie de chaux et ciment, est arasé au niveau du fond du canal. Lorsque la largeur du canal entre les piliers ou empatemens de la vanne excède deux pieds ou deux pieds et demi, on divise cette largeur en plusieurs parties égales séparées entre elles par des montans ou petites piles en bois ou en pierre dure, dans lesquelles sont creusées les rainures qui reçoivent les pelles qui ne sont autre chose que des bouts de planches de chêne assemblées et clouées à un manche de même bois, d'une longueur suffisante pour la facilité de leur manœuvre.

554. Un chapeau ou pièce de bois de cinq à six pouces de grosseur est posé en travers du canal sur l'arasement supérieur des piliers dans lesquels il est scellé, et qu'il couronne et lie ensemble. Cette pièce est percée d'autant de mortaises à jour qu'il y a de pelles. C'est dans ces mortaises que l'on introduit les queues des pelles qui doivent toujours être assez longues pour en dépasser la face supérieure d'un ou de deux pieds, lorsque les pelles sont baissées. On les maintient aux différentes hauteurs nécessaires au jeu des eaux, à l'aide de chevilles de fer, servant en même temps de clefs qui traversent à la fois le chapeau et la queue des pelles.

555. La hauteur des piliers est subordonnée au jeu des pelles; il faut que le chapeau des vannes soit suffisamment élevé pour que les pelles, étant entièrement levées, ne puissent pas tremper dans l'eau.

Rigoles principales d'irrigation.

556. Elles reçoivent les eaux du canal de dérivation arrêtées et exhaussées au-dessus de leur niveau naturel par chaque vanne d'irrigation sur les points les plus élevés du terrain qui lui correspond. Ces rigoles ont pour objet de mettre le terrain à arroser toujours à l'abri de la surabondance des eaux du canal, et pour se ménager la facilité de régler le volume des eaux d'irrigation suivant la saison et les autres circonstances.

557. Les rigoles principales sont ordinairement fermées à leur point de jonction avec le canal de dérivation par des mottes de gazon, pendant tout le temps que le terrain n'a pas besoin d'être arrosé; ou mieux encore par de petites vannes. Elles doivent diminuer de largeur à mesure qu'elles s'éloignent de leur origine.

Rigoles secondaires.

558. Elles servent à distribuer les eaux de la rigole principale sur tous les points de sa division au moyen de saignées qu'on y pratique à cet effet.

559. Lorsque le volume des eaux est grand et que le terrain a une pente suffisante les saignées sont inutiles.

560. Elles sont embranchées sur la rigole principale; la distance de l'une à l'autre est ordinairement de trente à quarante pieds dans les terres légères et de quarante à soixante dans les autres natures de terrain: leur longueur ne doit pas être considérable, et d'autant moindre que la pente du terrain sera plus douce. Comme les rigoles principales, elles doivent diminuer de capacité à mesure qu'elles s'éloignent de leur prise d'eau.

Rigoles de desséchement.

561. Ces rigoles ont pour objet de faire écouler les eaux d'irrigation qui seraient accumulées dans le bas fond d'une prairie, ou dans les sinuosités d'un terrain, et qui sans cette précaution y resteraient en stagnation. Il est nécessaire de les tracer dans la ligne de la plus grande pente du terrain; et, si cette pente était trop rapide, on la modérerait en donnant aux rigoles un grand développement.

Vannes et fossés de décharge.

562. Si le cours d'eau employé est sujet à des crues extraordinaires, il serait exposé à déborder, et à déranger les digues.

563. Pour prévenir de tels inconvéniens, on construit sur le cours du canal de dérivation, à des distances convenables, des vannes ou écluses de décharge, garnies d'empellemens comme

dans les vannes d'irrigation. On lève toutes les pelles pendant les inondations, ou lorsque l'on a besoin de mettre le canal à sec. Dans les eaux moyennes, ces vannes servent aussi à maintenir celles du canal au même niveau : la hauteur des pelles est fixée de manière à remplir ce but ; et le trop-plein de ce canal, s'épanchant par-dessus les pelles, tombe dans le fossé de décharge creusé au-dessous pour le recevoir, d'où ce trop-plein s'écoule dans le lit naturel du cours d'eau.

564. Les dimensions des vannes de décharge sont ordinairement un peu plus fortes que celles des vannes d'irrigation : elles sont d'ailleurs construites les unes et les autres d'après le même système.

Irrigations par infiltration.

565. Les travaux de ce mode d'irrigation consistent :

1°. Dans un fossé ou canal de dérivation supérieur ; 2°. dans un fossé de décharge inférieur ; 3°. dans un nombre de petits fossés principaux ou secondaires d'irrigation, multipliés autant qu'il est nécessaire pour l'arrosement complet du terrain. Chaque fossé principal a sa prise d'eau particulière sur le canal de dérivation. Il peut admettre ou refuser cette prise à l'aide d'une petite vanne avec empellement ; elle sert ensuite à évacuer à volonté dans le fossé de décharge, au moyen d'une autre petite vanne également avec empellement. Dans quelques endroits on remarque que les canaux et rigoles sont couverts pour éviter la perte d'eau produite par l'évaporation, et d'un autre côté pour mettre à profit le terrain souvent considérable que ces rigoles occupent.

Irrigation par des puits artésiens.

566. Nous ajouterons à ce que nous avons dit (liv. II, chap. I, § 325 et suiv.) sur la formation des puits artésiens l'extrait d'une

notice insérée par M. Cadet de Vaux dans le premier volume des Mémoires de la Société d'agriculture du département de la Seine. Cette notice a pour objet de faire connaître la méthode pratiquée depuis long-temps en Artois pour forer ces puits.

567. On perfore avec une tarière d'environ trois pouces de diamètre et d'un pied de gouge le sol sur lequel on désire pratiquer l'un de ces puits. On place verticalement dans le sol perforé, un cylindre en bois creusé, dont l'ouverture a le même diamètre que la gouge, il est garni dans sa partie inférieure d'un fer saillant et tranchant, pour faciliter son enfoncement; on l'enfonce avec le mouton, après quoi on recommence le forage.

568. Lorsque le nouveau trou est bien curé, on enfonce le premier cylindre jusqu'au fond, au moyen d'un second cylindre ajusté sur le premier, dans une feuillure pratiquée à cet effet à sa partie supérieure et consolidée avec un cercle de fer.

569. En répétant cette manœuvre à l'aide de la tarière, on parvient à percer les bancs de tuf, de pierre, etc., s'il s'en rencontre; au fur et à mesure que la tarière se remplit, on la retire pour la vider.

570. Avec du temps, et par l'addition successive de nouveaux cylindres, on parvient à de grandes profondeurs; enfin on obtient communément l'eau. Lorsque l'emplacement a été mal choisi, il arrive quelquefois que l'on a travaillé en vain; mais le cas est infiniment rare.

571. Si le réservoir de l'eau obtenue est supérieur à celui de la surface du sol, l'eau jaillit, et l'on a une fontaine; mais si le réservoir est au-dessous de ce niveau, c'est un puits peu profond, et qui n'exige pas l'appareil des puits profonds ordinaires pour en élever l'eau.

572. Dans le premier cas, on forme autour du tuyau un bassin d'où on dirige ensuite le trop-plein à volonté; dans le

second on creuse un puits ordinaire autour du cylindre qui en occupe le centre; on l'approfondit jusqu'à six pieds au-dessous du niveau auquel l'eau s'est élevée dans le cylindre. On le recèpe ensuite à un pied du fond, et alors on a un puits excellent qui ne tarit jamais.

Machines destinées à élever l'eau pour les irrigations.

Arrosage des jardins.

573. Les jardins d'une certaine étendue exigent un puits et des réservoirs pour effectuer les arrosages, qui, faits à la main, sont souvent insuffisans et toujours lents à exécuter. Le puits et les réservoirs doivent être placés dans la partie la plus élevée du terrain, afin qu'ils puissent fournir l'eau nécessaire pour alimenter les canaux destinés à la porter et la distribuer de tous les côtés.

Arrosage pratiqué dans le Levant.

574. La Pl. XXV indique la méthode en usage à Constantinople pour arroser les jardins de cette capitale (*a*). Deux puits *a*, *b*, fournissent de l'eau aux réservoirs *c*, *d*, qui sont formés par des planches réunies aux angles par des montans et de fortes traverses. Ces réservoirs sont isolés de terre sur quatre ou huit pieds, et sont plus ou moins élevés, pour que l'humidité du terrain n'endommage point le bois, et pour qu'on puisse plus aisément les réparer. Ils sont calfatés avec des étoupes goudronnées, et la superficie du bois est également goudronnée.

575. La machine qui élève l'eau est composée d'un treuil *x* qui fait monter et descendre alternativement deux seaux *y*, *z* en cuir, ou pour mieux dire deux *outres coniques* ouvertes par les deux bouts, qui sont tenus par des cercles de fer à anses, auxquels on a attaché des cordes.

(*a*) Castellan, *Voyage dans la Morée*, etc.

576. On établit sur l'ouverture du puits une espèce de chevalet *m m*, formé de trois ou quatre perches réunies à leur sommet, et dont les autres bouts s'écartent et sont plantés en terre sur les bords de l'ouverture.

577. Au sommet du triangle, que forme la réunion de ces perches, on fixe une poulie; deux rouleaux sont placés sur le réservoir; ces rouleaux tournent sur des pivots. La corde, qui est attachée à la grande ouverture de l'outre en cuir, passe sur la poulie, et aboutit au treuil ou elle se réunit avec le bout qui est attaché à la petite ouverture, et qui passe sur les rouleaux 1, 2.

578. Lorsque l'outre en cuir est au fond du puits elle se remplit d'eau, et, en remontant, les deux bouts ouverts sont de niveau; dans cette position, que l'outre conserve dans son trajet, l'eau ne peut s'échapper; mais, quand elle arrive au bord du réservoir, la petite extrémité passe par-dessus le rouleau, l'autre monte jusqu'à la poulie, l'outre se développe, l'eau s'échappe et passe dans le réservoir.

579. On se sert quelquefois d'un cheval pour puiser à l'aide de l'outre que nous venons de décrire. La méthode en usage dans ce cas est très-simple. Les cordes, après avoir passé sur la poulie et sur le rouleau, sont attachées au palonnier du cheval, qui, en parcourant un certain espace en ligne directe, fait monter l'outre remplie d'eau; puis il rebrousse chemin, l'outre alors descend dans le puits où elle se remplit de nouveau; le cheval recommence sa course et ainsi de suite.

580. L'outre est faite avec un cuir de vache tanné, mais sans apprêt, et cousu à la manière des tuyaux de pompe; le cercle en fer qui environne la grande ouverture a dix-huit pouces de diamètre et dix-huit lignes de grosseur; il porte des anses croisées en sautoir au sommet desquelles est attachée la corde.

581. Un canal *r r* part de chaque réservoir *a*, *b*, il se divise ensuite en rigoles tracées aux bords des principales allées *l*, *l*; ces rigoles sont elles-mêmes coupées à angle droit par des saignées qui coulent entre les carrés où sont les plantes potagères.

582. En labourant ces carrés ou plates-bandes, on a eu soin de rejeter un peu de terre sur les bords, de manière à pouvoir former une sorte de bourrelet de plusieurs pouces d'élévation, et assez solide pour opposer un obstacle à l'eau qui coule dans la saignée, et l'empêcher de pénétrer dans l'enceinte du carré dont le niveau est plus bas. Quand les réservoirs, les canaux et les rigoles sont remplis d'eau, le jardinier d'un coup de bêche fait une ouverture à cette digue, ou bien il lève une petite planche qui forme une espèce de vanne; l'eau se précipite alors du canal dans la plate-bande et s'étend sur toute sa superficie. Quand le jardinier croit que le premier carré est suffisamment arrosé, il ferme sa vanne et passe au second, delà au troisième; et par ce moyen, dans un temps très-court, il peut abreuver tout le jardin en donnant plus ou moins d'eau, suivant la diversité des plantes et le besoin qu'elles ont de plus ou moins d'humidité. On arrose aussi de la même manière les arbres fruitiers en faisant courir les eaux d'un arbre à l'autre (*a*).

Manége des maraîchers en usage à Paris, Pl. XVII, fig. 1.

583. Cette machine est d'une construction aussi facile et aussi économique que simple; son but est de mettre en mouvement deux seaux dont l'un descend vide tandis que l'autre monte plein. Elle est composée 1°. d'un tambour *a* de quatre pieds de diamètre; deux vieilles roues de voiture sur lesquelles sont clouées quelques planches en font tous les frais. Une

(*a*) On emploie le même moyen d'irrigation dans les départemens méridionaux de la France.

barre oblique *b* part de ce tambour, et porte le palonnier *c*, sur lequel un cheval exerce sa traction. 2°. De deux poulies *m m* qui servent à diriger les cordes auxquelles sont suspendus les seaux. 3°. D'un échafaudage *r r r*, qui sert de support à toute la machine et qui est composé d'une pièce de bois horizontale *p p*, et de trois poteaux verticaux *q q q* maintenus par des jambes de fer.

Une personne placée près du réservoir arrête le cheval lorsque le seau est monté, le vide, et fait tourner le cheval en sens contraire.

Manége à engrenage, Pl. XVII, fig. 5.

584. Ce manége, qui produit le même effet que le précédent, sert dans les cas où le puits duquel on veut extraire l'eau a une grande profondeur.

585. On voit que l'arbre vertical *a* porte à la fois le levier *b* sur lequel agit le cheval, et la roue dentée *c* qui transmet le mouvement à la lanterne *d* et correspond aux tambours *m n*. Deux chaînes s'enveloppent en sens contraire sur ces tambours, de sorte que l'un des deux seaux monte chargé et l'autre descend vide. Quand les seaux sont parvenus à la hauteur du réservoir où l'eau doit se décharger, ils rencontrent des crochets (367) qui les font incliner et les obligent à verser l'eau.

Vis d'Archimède, Pl. III, fig. 6.

586. Nous avons déjà décrit (27 et suiv.) les deux espèces de vis d'*Archimède* connues, la vis ordinaire et la vis hollandaise. Ces vis ont l'inconvénient de ne pouvoir élever l'eau qu'à une hauteur très-médiocre, c'est-à-dire, tout au plus à huit ou dix pieds d'élévation perpendiculaire.

La première de ces deux vis, qui est la plus fréquemment

employée, a un autre inconvénient qui lui est propre, et que l'on a fait disparaître en grande partie dans la vis hollandaise. Cet inconvénient consiste à retenir dans son intérieur une trop grande masse d'eau en proportion de celle qu'elle décharge. Il est évident que ce grand poids nuit à la force motrice, parce qu'il exige un plus grand effort pour être mis en mouvement, et parce qu'il augmente le frottement des tourillons. Ce même poids fait souvent courber et déjeter la vis.

587. L'expérience a d'ailleurs prouvé qu'à égalité de circonstances, les roues à tympan et à escargots que nous décrirons bientôt, sont à la fois plus productives et plus faciles à établir, et qu'elles méritent conséquemment la préférence dans les travaux d'irrigation.

588. Les vis d'*Archimède* sont ordinairement mues par des hommes ou par des chevaux; M. *Pattu* a proposé de les mettre en mouvement au moyen de l'eau même. Il se sert à cet effet de deux vis (Pl. XXVII, fig. 8); la plus basse *a*, qui est aussi la plus grosse, reçoit l'impulsion du fluide moteur. La seconde *b* plus longue, d'un plus petit diamètre, mais concentrique à la première, élève une certaine quantité d'eau dans le réservoir *c*. Les hélices des deux vis sont en sens contraire.

589. Des expériences furent exécutées en présence d'une commission nommée par la société d'agriculture de Caen. La machine avait les dimensions suivantes : petite vis 4 mètres de longueur et 0,mèt. 256 de diamètre ; grosse vis 0,mèt. 50 de longueur et 0,776 de diamètre; elle était inclinée sous un angle de 35 degrés, et mise en mouvement par une chute d'eau d'un demi-mètre au plus dans l'intérieur de la grande vis. Les résultats obtenus sont :

1°. La machine s'était déjetée d'environ vingt-six millimètres en restant long-temps sans mouvement et sans abri.

2°. Elle éprouvait une flexion sensible, par suite de la faiblesse de son axe ou noyau.

3°. Malgré ces défectuosités, elle faisait environ vingt tours sur elle-même par minute.

4°. L'eau était élevée par la petite vis à la hauteur de 1[mèt.],70 au-dessus du courant à son entrée dans la grosse vis.

5°. Le rapport entre l'effet utile et la force du moteur était environ de quatre dixièmes.

590. M. *Pattu* proposait d'employer sa vis, telle qu'elle est indiquée fig. 8, à trois usages : 1°. à élever l'eau d'un courant à une plus grande hauteur; 2°. à mettre à sec des fouilles destinées à des fondations, alors il faut que la grosse vis soit en haut; 3°. à dessécher un marais au moyen d'un courant qui agirait dans la petite vis, la grosse serait alors placée au pied et monterait l'eau qu'on voudrait faire sortir.

591. M. *Le Normand* a très-bien démontré (*a*) que la construction proposée par M. *Pattu* dans ce troisième cas ne peut avoir lieu, que des obstacles insurmontables s'y opposent, et que, pour obtenir l'effet proposé, il faut disposer la vis de la manière indiquée fig. 9, c'est-à-dire, il faut que la vis motrice *a* soit la plus grosse, et soit placée au-dessus de la vis *b* destinée à élever l'eau; il faut aussi qu'il y ait entre elles un certain intervalle, pour permetre aux eaux montantes et motrices, de se décharger dans le même réservoir, et pour que ces dernières ne retombent point dans le marais, où elles augmenteraient en pure perte la masse d'eau à extraire.

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tom. III, seconde série.

Roues à cornets ou escargots, Pl. III, fig. 3.

592. Cette machine fort simple produit un très-grand effet et paraît préférable à toutes les machines connues pour les irrigations, lorsque la hauteur à laquelle il faut élever l'eau du courant, n'excède pas la moitié du diamètre qu'il est possible de donner à la roue.

593. La roue à escargots, plus productive qu'une vis d'Archimède, lui est préférable par sa solidité, par la facilité de l'établir et d'y adapter un moteur. Elle n'est pas sujette à s'engorger, et n'exige que rarement de légères réparations.

594. Une roue à escargots est composée, 1°. d'une roue d'un diamètre proportionné à la hauteur à laquelle on veut élever l'eau, eu égard à la force du courant et à l'effet que l'on désire; 2°. de cornes ou cornets en tôle ou en fer battu ayant la courbure d'une développée de cercle (*a*).

Dans quelques roues à escargots, les cornets sont fermés par des tuyaux fixés d'un côté à la circonférence de la roue, et de l'autre au moyeu ou axe de cette même roue. Dans quelques autres, les cornets résultent uniquement de cloisons qui ont la courbure d'une développée de cercle et qui séparent le corps de la roue en plusieurs cellules.

Telle est la disposition indiquée dans la figure 3.

595. Une bâche est placée au-dessous de l'axe pour recevoir l'eau que les cornets vident par leur extrémité recourbée.

596. Nous avons dit que les cornets de cette roue, que l'on

(*a*) On appelle développée d'un cercle la courbe engendrée par le développement d'un fil dont on supposerait ce cercle formé.

dit originaire de la Chine et qui est très-multipliée en Perse, doivent avoir la courbure d'une développée de cercle.

Une des propriétés de cette courbe est que tous ses rayons sont autant de tangentes au cercle et autant de perpendiculaires à la courbe.

Il en résulte que, si l'on donne cette forme aux cornets, l'eau montera suivant une direction verticale tangente au treuil et perpendiculaire au canal que forme chaque cornet, et cela, quelle que soit la position de la roue; ainsi, l'action du poids de l'eau répondant toujours à l'extrémité d'un rayon horizontal qui en sera le bras de levier constant, la puissance qui élèvera ce poids à l'aide de la roue sera toujours la même. Si le rayon de cette roue est égal à la hauteur où on veut élever l'eau, et si cette hauteur est égale à la circonférence du treuil (proportion que l'on adopte ordinairement), la puissance sera au poids réciproquement comme le rayon du treuil est à sa circonférence, c'est-à-dire, à peu près comme 1 est à 6.

597. La fig. 1, Pl. XXVII représente une roue à escargots proposée par M. *De la Faye*. Cette machine, garnie d'aubes et destinée à être mue par un courant d'eau, porte quatre cornets ou escargots *a b c d*. L'eau entre par l'ouverture *x* de chaque escargot dont elle suit le développement pour aller se décharger, par l'axe creux, dans le coursier.

598. Par cette construction, le fardeau à élever produit toujours uniformément la même résistance, qui est la moindre possible.

599. Cette machine est préférable à la vis d'Archimède, qui est inclinée, qui ne se vide que d'une petite partie de l'eau qu'elle contient, et demeure chargée du surplus dont la quantité est très-considérable; au lieu que cette roue se décharge de

toute son eau à chaque tour de roue, et elle en peut verser une grande quantité.

600. Le tympan des anciens dont *Vitruve* nous a transmis la description était une espèce de roue à escargots, formant un tambour creux, dont l'intérieur était divisé en huit espaces égaux, par autant de cloisons placées sur la direction de ces rayons.

Chaque espace ou cellule avait une ouverture d'un demi-pied de superficie, pratiquée dans la circonférence du tambour pour faciliter l'entrée de l'eau; de plus l'essieu ou arbre, qui traversait et soutenait le tambour, était creux et contenait huit canaux, dont chacun devait répondre à une cellule, afin que l'eau contenue dans la roue pût couler à l'extrémité de l'arbre pour se décharger dans un coursier.

601. Cette roue était accompagnée d'une seconde roue à tambour qui lui était adossée, dans laquelle des hommes agissaient par leur poids en marchant.

602. La roue à escargots serait la plus parfaite des machines hydrauliques applicables aux irrigations, si elle n'avait l'inconvénient de ne pouvoir élever l'eau qu'à la hauteur de son axe. Voilà pourquoi on est obligé souvent de lui substituer la roue à godets, laquelle peut faire parvenir l'eau jusqu'à son sommet, c'est-à-dire, à une hauteur un peu moindre que son diamètre.

Roues à godets, Pl. IV, fig. 1, 2, 3, etc.

603. Nous avons déjà indiqué (21 et suiv.) quelle est la forme générale de ces sortes de roues.

On remarque généralement dans les roues à godets le défaut grave de répandre une partie de l'eau qu'elles élèvent. Ce défaut est surtout notable dans les roues, figures 3 et 4, où les

godets fixés à la roue se remplissent par un trou qu'ils ont dans l'angle d'une de leurs faces, et d'où l'eau sort pour se vider dans le coursier lorsqu'ils sont parvenus au sommet. Ces sortes de roues versent tout au plus les deux tiers de l'eau puisée, parce que, lorsque les godets en montant ont dépassé la hauteur du centre de la roue, ils commencent à verser l'eau en s'inclinant de plus en plus.

604. On a proposé divers moyens de remédier à ce défaut. Nous en avons décrit un (22 et 23); ce moyen, représenté figures 1 et 2, serait fort bon, s'il n'était trop compliqué, et par cette raison d'une difficile exécution et d'un entretien coûteux.

605. On préfère de suspendre librement les seaux, figures 6 et 7, à des boulons de fer traversant un double rang de jantes à l'une desquelles sont attachées les aubes qui reçoivent le choc du courant. La pesanteur des seaux les oblige de conserver leur verticalité en montant jusqu'au sommet de la roue où ils rencontrent la paroi antérieure du réservoir, qui les oblige de s'incliner, de verser l'eau et de traverser le réservoir dans lequel ils trouvent un rouleau qui facilite leur sortie. Par cette disposition, les seaux conservent toute l'eau qu'ils ont puisée.

Noria.

606. Les Espagnols ont emprunté des Maures cette machine très-utile dont on fait un bon usage dans les départemens méridionaux de la France.

607. Elle est aussi simple que productive. *Rosier* dit, dans son *Cours d'Agriculture* (tome 8 pag. 402), que l'expérience lui a démontré qu'une noria mue par une mule qui travaille alternativement pendant deux heures consécutives, et se repose tout autant, élève par jour et de dix pieds de profondeur une quan-

tité d'eau suffisante pour remplir un bassin de 36 pieds de longueur 12 de largueur sur 6 de profondeur.

608. Le même auteur rapporte un expédient bien simple au moyen duquel on habitue les mules ou les chevaux destinés à tourner la roue à ne s'arrêter jamais pendant les deux heures que leur travail doit durer; autrement il aurait fallu qu'il y eût près des mules un homme, le fouet à la main, sans cesse occupé à les faire marcher.

609. On attache à la barre où l'animal est attelé une petite sonnette, et elle est mise en action tant qu'il marche; c'est par le bruit qu'elle fait qu'on s'aperçoit s'il travaille; mais il faut l'accoutumer à ce travail, et lui apprendre que, dès que la cloche cesse de sonner, il est au moment de recevoir de grands coups de fouets. On commence par lui boucher les yeux par des lunettes, afin qu'il ne s'étourdisse pas en tournant circulairement; ces lunettes sont faites en cuir, chacune ressemble à un bouclier très-creux ou à une des sections d'un hémisphère coupé en deux par le milieu. Il faut que dans sa capacité l'animal ait le mouvement libre de l'œil. Ces lunettes sont maintenues par deux lanières; la supérieure passe derrière ses deux oreilles, et l'inférieure sous les deux branches de la partie supérieure des os de la mâchoire où elle s'attache au moyen d'une boucle.

610. Quatre hommes se placent, à des distances égales, à l'extrémité de la circonférence décrite par l'animal en tournant. Dès qu'il est mis en mouvement par la voix d'un des conducteurs, il doit régner le plus grand silence. Aussitôt que le cheval s'arrête, un des conducteurs qui se trouve le plus près, lui assène un grand coup de fouet, sans faire le plus léger bruit, et ainsi de suite, pendant les deux heures de travail. Deux heures après, époque à laquelle on remet l'animal au travail, les mêmes hommes reprennent leurs postes, gardent le même silence et

le fouet agit au besoin. On continue ainsi pendant toute la journée, et il est rare qu'on soit obligé d'y revenir le lendemain. Cependant, si la leçon donnée pendant la première journée ne suffit pas, on la réitère jusqu'à ce que l'animal ne s'arrête plus que pour être détaché de la barre.

611. Une attention particulière à avoir, c'est d'essuyer avec un linge les yeux du cheval, lorsqu'on lui ôte ses lunettes, et de ne pas le laisser exposé à un courant d'air. Ces lunettes retiennent contre le globe de l'œil et tout autour des paupières la matière de la transpiration et de la sueur, et il est rare, même en hiver, que ces parties ne soient pas humides ou mouillées; dès lors elles sont susceptibles de se refroidir presque subitement, puisque l'humidité éprouve une grande évaporation, et que toute évaporation produit du froid; de là le reflux de la matière dans le sang, de là les fluxions et souvent enfin la perte de la vue.

612. Une noria bien construite est la meilleure machine dont on puisse se servir pour élever, à une hauteur considérable, l'eau destinée aux irrigations, c'est-à-dire, lorsqu'il s'agit d'élever cette eau à une hauteur qui ne permet pas d'employer des roues à escargots ou des roues à pots.

613. Une noria, pour bien remplir sa destination, doit avoir les propriétés suivantes: 1°. qu'elle soit à la fois légère et solide; 2°. qu'elle soit tellement simple que l'ouvrier le plus ordinaire puisse l'exécuter facilement, et qu'un paysan médiocrement intelligent puisse seul la réparer; 3°. il faut que sans inconvénient elle élève l'eau la plus trouble, qu'elle soit composée des matériaux les plus communs et les moins coûteux; 4°. qu'elle ne laisse point échapper l'eau élevée pendant le trajet depuis le puisard jusqu'à la bâche où elle se dégorge; et, aussitôt que l'eau sera parvenue à cette hauteur, il faut qu'elle se décharge immédiatement, complètement et sans perte.

614. La noria que nous allons proposer, et qui est représentée figures 5 et 6 (Pl. X), nous paraît douée de toutes les propriétés énoncées; c'est-à-dire, elle nous paraît à la fois plus simple, moins coûteuse et plus solide que toutes celles qui nous sont connues.

615. Toutes les norias sont en général composées d'un certain nombre de vases suspendus à des chaînes ou des cordes sans fin qui s'enveloppent sur deux treuils tournans, mis en mouvement par un moteur quelconque.

Les cordes sont de peu de durée; les chaînes sont pesantes, coûteuses, et mettent la machine en danger toutes les fois qu'un morceau de bois ou qu'un corps étranger quelconque s'introduit entre les chaînons. Dans la noria que nous proposons, nous sommes parvenus à supprimer à la fois les cordes et les chaînes en leur substituant des planches réunies par des bandes de cuir. Ces mêmes planches font partie des seaux formés par l'union de quatre autres petites planches clouées sur chacune de celles dont nous venons de parler. Ainsi notre noria n'est autre chose qu'une suite de petites cassettes dont une des parois, plus élevée que les autres, remplace les chaînons des norias ordinaires; ces parois postérieures plus élevées sont réunies, comme nous l'avons dit, par des bandes de cuir, qui sont elles-mêmes retenues par deux taquets fixés par des clous, ou mieux encore par des boulons à écrou; et elles ont un trou au-dessus de la cassette par où l'eau doit se dégorger.

616. Le tambour inférieur est aussi formé par une caisse en planches, qui n'a d'autres ferrures que les pivots sur lesquels elle tourne.

Le tambour supérieur est construit d'une autre manière; deux planches parallèles sont réunies par quatre fuseaux ou boulons en fer. Le coursier qui doit recevoir l'eau versée par

les godets, entre immédiatement sous le tambour, et se place entre les deux branches de la noria. Afin qu'il ne puisse point gêner dans cette situation le libre mouvement de la machine, il se replie à angle droit, comme on le voit en *p* dans la figure 5.

617. Les figures 5 et 6 (Pl. XIX) représentent cette noria qui, comme on le voit, est toute composée de planches. — *a a a*, seaux ou cassettes qui se remplissent d'eau successivement en passant dans le puisard *b b*. — *d*, treuil inférieur qui n'a aucune ouverture. — *f*, treuil supérieur où l'on remarque les fuseaux *m n o*. — *p q*, coursier replié en *q*, pour ne pas gêner le mouvement de la machine.

618. Toute la machine doit être goudronnée. Il est évident qu'elle ne peut en aucune manière s'engorger, quel que soit le degré d'impureté de l'eau qu'elle élèvera. Les bandes de cuir, substituées aux charnières ordinaires et aux articulations des chaînes, offrent le précieux avantage de ne pouvoir perdre leur flexibilité, comme il arrive très-fréquemment à ces dernières toutes les fois que la boue ou quelques petits corps étrangers s'y insinuent.

Aucune machine n'est plus facile à construire et à réparer, et aucune n'offre moins de chances de dégradation, et ne contient moins de causes qui puissent contrarier ou diminuer son effet utile. Elle nous paraît donc la plus appropriée au but que l'on a en vue.

Nous allons maintenant jeter un coup d'œil rapide sur les autres norias en usage, en commençant par celle que les Maures ont importée en Espagne, et qui est plus ancienne.

Noria d'Espagne, Pl. XVII, fig. 7.

619. Cette noria est composée d'une suite de barils ou de

pots suspendus sur deux cordes sans fin; ces cordes sont soutenues par une roue garnie de chevilles qui en traversent la jante dans son épaisseur pour former sur la face opposée une sorte d'engrenage qui se combine avec les dents de la roue *a a;* l'axe de cette dernière roue porte un bras oblique *b*, à l'extrémité duquel est attaché le palonnier qui doit servir à l'attelage du cheval moteur.

La figure 5 (Pl. II) représente une noria analogue à celle que nous venons d'indiquer, dessinée sur une plus grande échelle. La roue à chevilles *a a* est disposée de telle sorte que, sans empêcher le mouvement de la roue, l'extrémité du coursier *b* peut entrer au milieu des chevilles, pour recevoir directement l'eau que les barils versent lorsqu'ils sont parvenus au sommet *x*.

620. La figure 5 (Pl. I) indique la disposition du tambour et des augets d'une noria, formée par deux rangs parallèles de tiges de fer *a a* réunies par des charnières. La noria indiquée figure 6 est construite dans le même système, mais avec plus de simplicité.

621. On voit enfin, figure 7, des augets composés d'un sac de toile goudronné *a* fixé à un anneau de fer *d* supporté par les deux tiges de fer ou chaînons *b b*. Les chaînons sont réunis entre eux par des boulons *c c*.

622. Les norias sont ordinairement mues par des chevaux, mais elles peuvent également être mues par le vent, comme nous en avons vu un exemple (528), ou par la vapeur, ou enfin par l'eau même : telle est la machine suivante.

Noria ou machine à godets de *Francini*, Pl. I, fig. 8.

623. Cette machine fut exécutée par *Francini*, par ordre de Colbert, dans le jardin de l'ancienne bibliothéque du roi. Une

fontaine existait dans le voisinage et venait se décharger dans un bassin situé au milieu du jardin, et le superflu de l'eau que ce bassin pouvait contenir, était conduit par un canal dans un puits où elle se perdait. *Francini*, profitant du superflu de l'eau et de la profondeur du puits, fit naître, dans le milieu du jardin, un jet d'eau artificiel.

624. Cette machine était composée de deux chaînes sans fin, faites de petites barres de fer liées ensemble par des charnières; à ces chaînes étaient attachés des godets formant deux norias d'inégale hauteur, qui tournaient sur un même tambour A; ce tambour avait des rainures pour recevoir les chaînes, et les empêcher de vaciller. Il était composé de fuseaux de fer dont l'espacement était égal à la longueur des chaînons.

625. L'essieu du tambour était soutenu par des poteaux; des liens assemblés avec des semelles posées sur le bord du puits les affermissaient et des entre-toises les fortifiaient; une cuvette x recevait le superflu de l'eau du bassin.

626. Les godets de la noria motrice étaient faits de plaques de cuivre; ils étaient plus larges à l'entrée qu'au fond pour mieux recevoir l'eau de la cuvette. Cette forme devenait avantageuse pour les godets sous un autre rapport; car, lorsque l'un d'eux était trop plein, elle favorisait la descente de l'eau dans celui qui était placé au-dessous.

627. Les godets de la petite noria étaient fermés de toutes parts, mais ils avaient un petit goulot qui se trouvait en haut lorsque les godets étaient pleins. L'eau sortait par le goulot, aussitôt qu'il était parvenu à la hauteur du réservoir *z* d'où partait un tuyau qui se dirigeait vers le milieu du jardin où il formait un jet d'eau.

LIVRE TROISIÈME.

Des épuisemens temporaires.

628. Les épuisemens temporaires sont ceux qui ne durent qu'un temps limité, et cessent ensuite entièrement, ou bien ne se reproduisent qu'à des époques plus ou moins éloignées.

Nous décrirons dans ce livre trois sortes d'épuisemens temporaires : 1°. les épuisemens qui ont pour but de mettre à sec l'intérieur d'un batardeau, et de l'entretenir dans cet état pendant la durée des travaux que l'on doit effectuer dans son enceinte ; 2°. les épuisemens des formes ou bassins lorsque l'on doit y construire ou y radouber un vaisseau ; 3°. les épuisemens à bord d'un navire pour vider l'eau qui s'est introduite dans la *carène*.

CHAPITRE PREMIER.

Épuisement de l'eau contenue dans l'intérieur d'un batardeau.

629. On appelle batardeau une digue ou pour mieux dire un coffre en charpente rempli de glaise, qui environne un espace couvert d'eau, pour pouvoir le mettre à sec, et exécuter commodément dans son intérieur tous les travaux relatifs à la fondation d'un édifice que l'on veut ériger en ce lieu. Ainsi l'intérieur d'un batardeau doit être considéré comme un vaste bassin qu'il s'agit de mettre à sec à l'aide de machines. Pour parvenir complétement à

ce résultat il faut que le batardeau soit construit de telle sorte qu'il puisse résister à la pression de l'eau qui l'environne, et qu'il interdise à cette eau toute entrée dans l'intérieur du bassin.

630. L'établissement d'un batardeau exige les opérations suivantes : Il faut d'abord creuser à la drague un fossé sur toute l'étendue que doit occuper la digue qui formera l'enceinte du batardeau (Voyez le chap. II du liv. II de notre *Traité des machines employées dans les constructions diverses*, où nous avons exposé ce qui est relatif au *dragage*). L'excavation de ce fossé a pour but d'enlever la couche de terrain vaseux ou peu consistant qui couvre ordinairement le fond des rivages aquatiques ; cette couche est souvent entremêlée de débris de pierre, de bois ou d'autres corps qui peuvent favoriser la formation des voies d'eau entre le fond et la glaise dont le batardeau sera rempli.

631. Lorsque le *dragage* est terminé, on procède à la formation du coffre de charpente destiné à contenir la glaise. Ce coffre est composé d'une double file de pieux battus au refus par une sonnette à tiraude ou à déclic (voyez le chap. IV du livre II du *Traité des machines employées dans les constructions diverses*) ; les pieux doivent avoir une longueur et une grosseur proportionnées à la profondeur de l'eau. Des palplanches (*a*), battues également par une sonnette, sont adossées aux deux files de pieux dans l'intérieur du coffre. Ces palplanches se touchent et sont placées de manière qu'elles couvrent les vides existans entre les pieux. Indépendamment des palplanches, l'intérieur du coffre est entièrement revêtu de planches placées horizontalement, qui sont superposées l'une à l'autre, et assemblées par des traverses sur lesquelles elles sont clouées ; elles s'appuient

---

(*a*) On appelle palplanche une espèce de long madrier taillé en pointe à son bout inférieur pour être enfoncé dans le terrain à la manière des pieux.

contre les palplanches que nous venons d'indiquer et sont retenues par d'autres palplanches dont l'unique objet est d'assujettir ce revêtement.

632. Les deux parois du coffre ainsi formées sont à leur sommité liées entre elles par un certain nombre de moises, qui sont assujetties à des sommiers ou pièces de bois horizontales placées en dehors des pieux, à qui elles servent de soutien pour les empêcher de se déverser par la pression de la terre argileuse que l'on déposera dans l'intérieur du batardeau. Quelquefois, pour plus de solidité, on place un lien de fer entre deux moises consécutives.

633. Quand le coffre de charpente est terminé suivant la méthode indiquée (dont j'ai eu occasion d'éprouver la bonté), ou bien suivant une de celles décrites dans l'*Architecture hydraulique* de *Bélidor* et dans les *OEuvres* de *Perronet*, on procède au remplissage avec de la bonne terre argileuse bien pure, et qui surtout ne doit contenir aucun débris, ni de bois, ni d'autres substances étrangères. Ce remplissage fait, le batardeau est en état d'être desséché.

634. Le batardeau doit résister à deux forces très-puissantes :

La première, que nous avons déjà indiquée, dépend de la poussée de la terre qui remplit le coffre. Les moises, les sommiers et les liens de fer sont destinés à vaincre cette force.

La seconde exerce son action, lorsque l'on épuise l'eau intérieure; alors la pression de l'eau environnante contre le coffre de charpente tend à le renverser en dedans. On résiste à cette force, en établissant un nombre suffisant d'étais et de jambes de force placées intérieurement. La disposition de ces pièces boutantes varie suivant la forme, la grandeur et l'élévation du batardeau.

635. Le choix des machines hydrauliques à employer pour le desséchement d'un batardeau dépend de plusieurs considérations importantes.

636. La première est sans doute d'obtenir le plus grand effet possible avec la moindre dépense de force motrice; mais on se tromperait étrangement, si l'on supposait qu'elle est la seule qui doit influer sur le choix. Il est au contraire des cas où la machine la plus avantageuse sous ce rapport doit être rejetée et céder la prééminence à une autre machine bien moins productive.

637. Les autres considérations qui doivent déterminer le choix, sont : 1°. l'importance et la durée des travaux pour lesquels on a entrepris la construction du batardeau ; 2°. les déplacemens plus ou moins fréquens que doivent éprouver les machines ; 3°. la grandeur et la disposition des emplacemens où elles doivent agir ; 4°. la qualité de l'eau que l'on doit extraire ; 5°. le degré d'activité exigé dans le travail des épuisemens.

638. Dans un épuisement long et considérable par la masse d'eau à élever, on éprouve de l'économie à employer des chevaux plutôt que des manœuvres; le courant de l'eau ou bien une machine à vapeur plutôt que des chevaux; mais la machine mue par les chevaux coûte bien plus à construire, à établir et à transporter que les machines mues par des hommes; les machines à vapeur et celles animées par le courant coûtent encore plus. Si donc la durée et l'importance des travaux n'est pas telle que l'économie sur la main-d'œuvre des épuisemens surpasse la plus grande dépense occasionée par l'établissement des machines plus productives, il est certain que ce serait une très-mauvaise spéculation que de leur donner la préférence.

639. Les machines destinées à être fréquemment déplacées

doivent avoir peu de poids, peu de volume; faciles à établir, elles doivent être assez solides pour n'éprouver aucun dommage par le choc, par les secousses qu'elles éprouvent durant leur transport.

640. La configuration, la grandeur et la disposition de la machine doivent évidemment entrer en rapport avec le local qu'elle doit occuper. Ainsi une machine volumineuse serait absurde dans un lieu très-resserré.

641. L'eau que l'on doit épuiser, est souvent bourbeuse et chargée de saletés de toute espèce. Dans ces cas, toutes les machines sujettes à s'engorger, ou bien à se déranger par l'intromission de la boue ou du sable que l'eau charrie, doivent être rejetées.

642. Les pompes en général ont le défaut que nous venons de signaler; la boue, le sable s'insinuent entre le piston et le corps de pompe, et se fixent dans les articulations des charnières; il en résulte que les frottemens augmentent progressivement, que les soupapes cessent d'agir, que l'action de la puissance, absorbée par les résistances passives, ne tend qu'à la destruction de la machine et devient enfin incapable de produire aucun effet utile.

643. Ce motif très-grave a fait rejetter l'usage des pompes dans les épuisemens des batardeaux, et on leur a substitué avec raison les chapelets verticaux et inclinés et les vis d'Archimède.

644. Dans les cas où l'eau serait très-bourbeuse, les chapelets verticaux ne peuvent être d'une grande utilité; la vis d'Archimède est alors préférable, si la hauteur où l'on veut faire parvenir l'eau, n'est que de huit à dix pieds.

Dans le cas où la hauteur serait plus grande, j'ai employé avec beaucoup de succès des sacs de cuir disposés à l'instar des

seaux flexibles qui sont employés dans le Levant aux travaux d'irrigation, et dont nous avons donné la description (575 et suiv.) Ils sont représentés (Pl. XXV).

645. Lorsqu'on emploie les chapelets verticaux, il faut que leur tuyau soit percé de trois trous, de deux en deux pieds, au-dessous du hérisson qui soutient la chaîne. On les bouche ensuite avec des tampons de bois garnis de filasse : ces trous serviraient à laisser évacuer l'eau proportionellement aux crues ou à l'abaissement de l'eau extérieure, afin de ne pas charger la puissance d'une colonne d'eau inutile. Pour cet effet l'on substituera, aux tampons d'un même rang, des gargouilles de bois tournées et percées dans le milieu, lesquelles se dégorgeront dans les auges que l'on élevera ou qu'on baissera d'autant.

646. Pour ne pas être obligé d'élever l'eau au-dessus du batardeau, lorsque la hauteur de l'eau extérieure ne l'exige pas, on placera dans son enceinte une caisse bien calfatée et goudronnée qui le traversera perpendiculairement à sa longueur. Cette caisse composée de planches de chêne de deux pouces d'épaisseur, bien jointes et tenues à chaque bout et au milieu par un bâti de charpente, est garnie vers le bout qui correspond à l'intérieur du batardeau, de trois portes à charnières placées l'une au-dessus de l'autre, lesquelles sont fermées ou ouvertes suivant que l'exigera la hauteur de l'eau extérieure. Ces portes sont garnies de cuir en dedans.

647. Les chapelets doivent être placés sur un échafaud solide établi sur pilotis. Des puisards correspondent au-dessous des chapelets, dont la partie inférieure y sera immergée. Ces puisards sont creusés assez profondément pour que l'eau qui jaillit dans l'intérieur du batardeau, y trouve un écoulement facile.

648. La vis d'Archimède est fréquemment employée dans les

épuisemens des batardeaux, et, quoique moins productive que la roue à escargots, on lui donne souvent la préférence à cause de la facilité de son placement et de son transport. La vis d'Archimède n'exige que rarement des réparations peu importantes, et n'est pas sujette aux engrenages.

649. Nous avons énoncé précédemment que le baquetage exécuté, soit au moyen de seaux ou baquets fig. 1 (Pl. I) (3 et 4), soit au moyen des vans (9), est de toutes les méthodes d'épuisement la plus économique, lorsque la hauteur où l'eau doit parvenir, est petite. Dans tous les autres cas, il faut nécessairement se servir de machines. Aucun ingénieur n'a peut-être eu occasion d'employer un plus grand nombre et une plus grande variété de machines à épuiser que *Perronet*, et aucun autre n'a mis plus de discernement et d'intelligence dans leur choix. C'est donc les machines employées par cet homme illustre que nous décrirons, en y ajoutant les résultats des nombreuses observations qu'il a faites pendant leur travail; mais, avant d'en entreprendre la description, il ne sera pas inutile de jeter rapidement un coup d'œil sur la formation des voies d'eau dans un batardeau, et sur les moyens de les prévenir ou d'y porter remède.

650. Les voies d'eau sont de trois sortes : les unes se forment en traversant les parois du coffre; les secondes en s'insinuant entre le terrain sur lequel est assis le batardeau, et la glaise que le coffre contient; les autres enfin doivent leur origine à des sources plus ou moins fortes qui jaillissent dans le terrain que le coffre environne. Les deux premières sortes de voies d'eau dépendent ordinairement de la mauvaise construction du batardeau; les dernières sont inévitables et sont une conséquence de la nature du sol.

651. Pour qu'une voie d'eau puisse traverser les parois du

coffre, il faut qu'il y ait dans la glaise dont il est rempli, un défaut de continuité, et le défaut de continuité aura lieu lorsque la glaise contiendra des morceaux de bois ou des pierres. Il importe essentiellement de choisir de la glaise ou terre franche bien pure, et de veiller attentivement à ce qu'aucun corps étranger ne tombe dans le coffre avant ou pendant le remplissage.

652. On doit enlever et draguer les sables et vases jusque sur le bon terrain et le plus bas qu'il sera possible, afin que la terre glaise puisse être assise sur un terrain non sujet à filtrations qui, sans cette précaution, pourraient s'établir entre le corroi de glaise qui remplit le coffre du batardeau et le sable ou gravier qu'on y aurait laissé.

653. Les voies d'eau provenant des sources qui se feraient un passage dans l'intérieur du bassin, ne peuvent être prévues, et conséquemment ne peuvent être prévenues; mais il ne faut négliger aucun moyen de les combattre et de les détruire, lorsqu'elles se sont établies.

654. Un des moyens les plus efficaces que l'on emploie à cet effet, est de les encaisser dans une espèce de puits ou de coffre imperméable qui, les empêchant de s'écouler, les oblige à s'élever jusqu'à une certaine hauteur où, se trouvant de niveau avec la surface de la masse d'eau dont elles proviennent, une sorte d'équilibre s'établit et l'écoulement cesse.

655. Les travaux à effectuer dans l'intérieur du batardeau ne permettent pas toujours de former cette espèce de puits et de l'élever à la hauteur convenable. En pareil cas, on étudie les moyens d'établir une sorte de siphon renversé dont les branches sont disposées suivant la configuration du local.

656. Dans tous les cas, les travaux qui doivent s'effectuer dans l'enceinte d'un batardeau, doivent être poussés avec toute l'acti-

vité possible, et, avant de les entreprendre, on doit tout prévoir et tout disposer pour qu'il n'y ait aucune cause de retard.

Chapelet vertical, Pl. III, fig. 4.

657. Le chapelet vertical, comme nous l'avons dit (18), est composé d'une chaîne sans fin qui porte un certain nombre de plateaux circulaires placés exactement à des distances égales. Cette chaîne est soutenue par un treuil à griffes *b*. L'écartement des extrémités de deux griffes contiguës est réglé d'après celui des chaînons du chapelet.

Une des branches de la chaîne sans fin entre dans un tuyau cylindrique dont le diamètre est à peu près égal à celui des plateaux. Chaque plateau est composé d'une rondelle de cuir renfermée entre deux plaques circulaires en métal qu'elle déborde d'une petite quantité; ces trois pièces sont traversées par un boulon à clavette à l'aide duquel elles sont réunies et serrées fortement.

658. On donne ordinairement aux chapelets verticaux 12, 15 et 18 pieds de longueur, les tuyaux les plus longs sont percés cylindriquement sur 5 pouces de diamètre, et le autres sur 6 pouces. On emploie quatre hommes appliqués à des manivelles de 15 à 16 pouces de coude, pour les mouvoir : on relève ces hommes de deux heures en deux heures, et il faut trois relais, ou douze hommes, pour soutenir le travail continuellement jour et nuit.

Ces hommes font depuis vingt tours de manivelle par minute jusqu'à vingt-cinq, et trente tours au plus, suivant la hauteur de l'eau qu'ils ont à élever et la vigilance des piqueurs.

Devis d'un chapelet vertical extrait des œuvres de Perronet.

659. Un chapelet de douze pieds est revenu à Orléans, en l'année 1756, à . . . . 123 liv. 15 s.

Chaque pied de chapelet de plus a coûté. 3 13 6 d.

Les cuirs provenant de Nemours coûtaient 50 liv. la pièce, et on tirait de chaque cuir 180 rondelles pour les patenôtres des chapelets de 5 pouces de diamètre, ou 150 de 5 pouces 6 lignes.

Une patenôtre coûtait.	3	0
Une fausse maille.		3
Une griffe de hérisson du poids de deux livres et demie.	1	5
Un boulon à vis et à écrou pesant deux livres une once	1	0
Un étrier à vis de huit livres et demi. .	3	10
Un support de manivelle de sept livres.	1	14

Chapelet incliné, Pl. XVI, fig. 5.

660. Ce chapelet est composé d'un certain nombre de petites planches que l'on nomme *palettes*, unies par des chaînons dont la réunion forme une chaîne sans fin.

661. Une partie du chapelet est enfermée dans la base *a a*, et entraîne l'eau en parcourant le plan incliné qui forme le fond de la base ; l'autre partie qui est à découvert descend le long de la coulisse *b b* pour aller puiser l'eau à son tour ; on appelle coulisse une planche placée au-dessus de la buse et parallèle à son fond.

662. Le chapelet passe sur deux lanternes *m* et *n*, l'une placée à l'extrémité la plus basse, l'autre au sommet de la buse.

663. Les lanternes sont ordinairement composées de deux plateaux circulaires et parallèles, réunis par un certain nombre de fuseaux, dont l'espacement est égal à la distance entre deux palettes consécutives.

664. Quelquefois les fuseaux, dans les lanternes, sont remplacés par des palettes insérées dans l'axe de la lanterne et qui s'élèvent suivant la direction des rayons.

665. Les palettes de la chaîne sans fin peuvent être réunies entre elles de deux manières : 1°. chacune d'elles est traversée par deux tiges de fer, et les tiges de deux palettes contiguës sont réunies à charnière ; 2°. une queue en bois remplace les tiges de fer à charnière; une des extrémités de chaque queue est taillée en forme de tenon, l'autre a une fente correspondante, de sorte que le tenon de l'une entre dans la fente de l'autre et étant réunies par un boulon, il en résulte une sorte de charnière, qui donne au chapelet la flexibilité requise.

666. Un chapelet peut être mu par des chevaux ou par des hommes,

667. Lorsque le chapelet doit être mu par des hommes, des manivelles aux deux extrémités de l'axe de la lanterne supérieure *n* suffisent pour le mettre en action.

668. Le chapelet serait une excellente machine si elle n'avait le défaut de se casser fréquemment à la jonction des chaînons. Ces accidens, qui se reproduisent trop souvent, sont une cause d'incertitude dans l'évaluation de la quantité de travail qu'on peut obtenir d'une semblable machine dans un temps donné ; ils entraînent des réparations coûteuses, ils nécessitent non-seulement qu'on ait en réserve un grand nombre de pièces de rechange, mais encore des machines de réserve pour pouvoir les employer pendant que l'on répare celles qui ont éprouvé quelques dérangemens.

Roue à escargots mue par des hommes, Pl. III, fig. 1, 2 et 3.

669. Cette machine ingénieusement combinée a été employée avec succès aux travaux du pont d'Orléans. Elle était destinée à élever l'eau à huit pieds de hauteur.

670. Le tambour *a a* est intérieurement séparé en douze cellules par des cloisons, dont la courbure est tracée sur la développée d'un cercle. L'axe *b* est environné d'un tuyau où les cellules versent l'eau qu'elles contiennent, lorsque cette eau est parvenue à la hauteur de l'axe; à cet effet, les cellules sont ouvertes des deux côtés, c'est-à-dire, vers la circonférence, pour donner entrée à l'eau, et à leur insertion dans le tuyau central *b* pour y verser l'eau élevée.

671. Le tambour est placé entre deux roues parallèles *m n* de moindre diamètre; et ces trois parties sont réunies entre elles par des traverses *r r r*, etc., placées à un pied de distance l'une de l'autre. Ces traverses servent tout à la fois et à affermir la machine, et à remplir les fonctions d'échelons, sur lesquels se placent les hommes moteurs qui impriment un mouvement uniforme à la roue, par le poids de leur corps, en montant continuellement d'un échelon à l'autre, sans cependant changer de place.

Devis de cette machine insérée dans les œuvres de Perronet.

672. Il est entré dans la roue à escargots, compris l'échafaudage, 91 solives (*a*) 2 pieds 5 pouces, à 2 liv. 15 sous pour le bois. . . . . 251 liv. 3 sous.

Les auges ou escargots étaient payés 4 liv. 10 sous la solive, pour bois, et façon 2 liv. 15 sous.

Le fer, sans la façon, a été payé pour les étriers, boulons à écrous, charnières équerres, à raison de 3 sous 6 den. la livre.

(*a*) La solive est une mesure de bois de charpente équivalant à 3 pieds cubes.

Machines mues par le courant même.

Roue à godets.

673. Cette machine fut employée par *Perronet* dans la construction du pont de Neuilly. Elle était composée d'une roue à aubes qui recevait l'action du courant et qui transmettait cette action à une roue à godets placée dans l'intérieur du batardeau, par l'intermédiaire d'un axe horizontal garni de deux lanternes, placées à ses extrémités. L'une de ces lanternes engrenait avec une grande roue dentée ou hérisson appliqué à une des faces latérales de la roue à aubes : l'autre engrenait avec un hérisson semblable et adapté également à une des faces de la roue à godets.

674. La roue à aubes avait 18 pieds de diamètre, et les aubes, au nombre de 14, avaient 20 pieds de longueur sur trois de largeur. On les avait inclinées de 15 degrés par rapport au rayon, dans l'intention de leur faire recevoir le choc avec plus d'avantage, et de diminuer la résistance qu'elles en auraient éprouvée en sortant de l'eau.

675. Le hérisson adapté à cette roue était garni à son pourtour de 128 alluchons (espèce de dent en bois dur).

L'arbre horizontal destiné à transmettre le mouvement, acquis par la roue extérieure à aubes, à la roue intérieure garnie de godets, avait un pied de diamètre et 108 pieds de longueur. Les lanternes qui lui étaient adaptées, avaient 4 pieds de diamètre, et portaient chacune 30 fuseaux.

676. La grande longueur de l'arbre l'aurait infailliblement fait courber et déjeter, si l'on n'avait eu la précaution de le soutenir de distance en distance, mais il fallait que ces supports ne l'empêchassent pas de tourner librement; à cet effet on les avait combinés de la manière suivante :

Des chevalets placés de distance en distance portaient des

poulies de trois pieds de diamètre, sur lesquelles passait une corde sans fin, qui d'un autre côté embrassait l'arbre et le soutenait; ainsi la rotation de l'axe faisait circuler la corde sans fin et tourner la poulie.

677. La roue était garnie de seize godets; elle était posée sur un châssis composé de quatre montans, assemblés en haut et en bas par des traverses, et le tout fortement uni par des liens; chacun de ces montans était évidé dans son milieu sur quatre pouces de largeur, et sur une partie de sa hauteur, pour recevoir les abouts des *gisans* qui portaient la roue qu'on levait et qu'on baissait suivant le besoin. Un des points d'appui de l'arbre des lanternes était fixé aux châssis avec le même avantage que les gisans, c'est-à-dire, qu'on pouvait le lever et le baisser à volonté.

678. L'utilité de ce châssis était de faire descendre plus ou moins également la roue et l'arbre des lanternes sans rien arrêter.

Lorsque le local ne permet point de poser la roue à godets sur un châssis, on y bat des pieux, sur une partie de la longueur desquels on fait une rainure pour assujettir les gisans qui portent les roues dans leur mouvement vertical, et cela, comme on le pratique dans les mouvemens du châssis.

679. A ces sortes de machines on doit adapter des lanternes d'une grandeur suffisante. Car *Perronet* rapporte que, ayant commencé les épuisemens avec des lanternes de deux pieds de diamètre, les alluchons de la roue à aubes faisaient un effort si considérable sur les fuseaux de ces lanternes et les usaient si promptement, qu'il y avait un charpentier continuellement occupé à renouveler ces fuseaux et les alluchons. L'expérience a fait connaître qu'il convenait de leur donner quatre pieds de diamètre.

680. *Perronet* nous a transmis le devis suivant de cette machine.

	Cubature exprimée en solives.				*Prix.*	
	solives.	pieds.	pouces.	lign.	liv.	sous.
Roue à aubes.	114	4	4	3		
128 alluchons estimés 4 sous la pièce.					25	12
Arbre des lanternes.	35	2	10	8		
60 fuseaux, à 4 sous la pièce.					12	»
Roue à godets.	64	5	11			
118 alluchons pour la roue à godets, à 4 sous.					23	12
Seize godets.	16	2	4			
Auge.	9	1	8	2		
Total des bois.	238	17	1	1	2890	6
Achat et débit de chaque solive	6 fr.	12				
Main d'œuvre et équipage .	6					
Façon des godets.					48	»
634 boulons à écrous pesant chacun une livre, à 8 sous 6 deniers la pièce.					269	9
Poids des frettes, équerres et plates-bandes des roues, 1600 livres, à 5 sous 6 deniers la livre					440	»
Six paliers de cuivre, pesant ensemble 51 livres, à 40 sous la livre.					102	»

Main d'œuvre pour la pose de cette machine, battage des pieux et palplanches.

11 journées de charpentiers, à 2 liv. 5 sous. . .	24	15
250 journées de manœuvres, à 1 liv. 4 sous. .	300	»
11 journées de mariniers, à 1 liv. 17 sous 8 den.	20	14
	4156 l.	8 s.

De l'autre part	4156 l.	8 s.

Levage et établissement.

96 journées et deux tiers, à 2 liv. 4 s. 6 d. . .	215	1
14 journées de manœuvres, à 1 liv. 4 sous . . .	16	16
26 journées et demie de mariniers, à 1 l. 10 sous.	39	15
4 journées de chevaux employées au transport des bois, à 3 livres 10 sous	14	»
Cette machine prête à épuiser est revenue à . .	4442	»

Cette machine a été pesée exactement; voici le détail de son poids.

La roue à aubes toute assemblée	12,166 liv.
La roue à godets.	4,739
L'arbre portant deux lanternes.	3,200
	20,105

Chapelet incliné.

681. Cette machine, employée aux épuisemens lors de la construction du pont d'Orléans, était composée d'une roue à aubes qui portait une roue dentée ou hérisson sur une de ses faces; ce hérisson engrenait avec une lanterne dont l'axe portait la lanterne du chapelet. Le support de la roue établi sur des pilotis pouvait être élevé et abaissé à l'aide de deux fortes vis.

La roue dentée avait 124 dents ou alluchons; la lanterne avec laquelle elle engrenait avait quinze fuseaux, elle était réunie à celle du chapelet par un double rang de tiges de fer à charnière.

Voici le devis de cette machine :

	liv.	sous.
80 solives, 1 pieds 10 pouces de bois de chêne, à 2 livres 10 sous	220	14
24 solives, 3 pieds. . . . . à 3 livres. .	73	10
	294	4

De l'autre part	294 l.	4 s.	
27 solives, 1 pied 2 pouces de bois d'orme, à 4 livres 10 sous	121	10	
Total 132 solives	415	14	
630 livres et demie de fer, à 3 sous 6 deniers. .	110	6	
Les journées des charpentiers, des scieurs-de-long et des menuisiers, à 30 et 35 sous chaque, ont coûté.	263	13	6
Le maître charpentier, à 90 livres par mois . .	120	10	
Journées des forgerons pour la fabrique des fers.	234	»	
Total du prix de la machine	1144.	3.	6.

Machines mues par des chevaux.

Chapelets mus par des chevaux.

682. *Perronet* a employé la machine suivante aux épuisemens qui eurent lieu lors de la construction du pont d'Orléans.

Une plate-forme, soutenue par des pieux plantés partie en dehors et partie en dedans du batardeau, était traversée par un arbre vertical, qui portait les barres du manége au-dessus de la plate-forme, et, en-dessous, un rouet garni de 11 dents qui engrenait avec deux lanternes de douze fuseaux; chacune de ces lanternes était traversée par un axe horizontal auquel était adaptée la lanterne du chapelet. Ainsi le rouet transmettait simultanément le mouvement à deux chapelets inclinés.

Cette machine était mue par douze chevaux. La plate-forme sur laquelle ils travaillaient était couverte d'un toit.

Résultats comparatifs du prix et du produit des diverses machines hydrauliques employées par Perronet.

Baquetage.

683. Les baqueteurs élevaient l'eau jusqu'à 5 pieds et demi de hauteur, vidant environ 1 pied cube par minute.

Lorsqu'il ne fallait vider qu'à 3 pieds de hauteur, ils enlevaient a peu près 2 pieds cubes par minute.

Chapelet vertical.

684. Le chapelet représenté Pl. III, fig. 4 et décrit § 19, fut soumis à l'expérience. Il avait 18 pieds de longueur et était percé de cinq pouces de diamètre : il élevait l'eau à 15 pieds de hauteur au-dessus de la surface de l'eau intérieure.

Quatre hommes, faisant trente tours de manivelle en une minute, ont rempli une futaille, contenant 15 pieds cubes, en cent huit secondes de temps, ce qui donne 500 pieds cubes par heure, et à chaque tour ils se développait 4 pieds un tiers de chaîne sur l'horizon.

685. On observera qu'on doit déduire environ 3 pieds de la longueur des chapelets pour la partie qui descend dans les puisards sous l'eau.

686. *Perronet*, ayant observé que les ouvriers ralentissent leur mouvement quand ils ne sont pas observés, surtout lorsqu'ils travaillent la nuit, croit qu'on ne doit évaluer le nombre des tours réduits de la manivelle qu'à vingt-cinq.

Il conseille aussi d'appliquer au chapelet un compteur ; on appelle ainsi une petite machine qui sert à nombrer les tours de manivelle. Au moyen du compteur on paie les ouvriers à la tâche, au cent de tours, et on obtient un travail à la fois plus accéléré et plus économique.

687. Le chapelet dont nous parlons a coûté 124 francs. *Perronet* a observé qu'il use en vingt-quatre heures quatre ron delles de cuir, quatre à cinq fausses mailles et un quart de livre de graisse.

Bascule.

688. La bascule fig. 7 (Pl. III) étant manœuvrée par vingt hommes, dix à chaque bout, puisait cent cinquante fois dans un quart d'heure, et jetait à chaque fois 4 pieds cubes d'eau à 3 pieds de hauteur, ce qui donnait par heure 2400 pieds.

Chaque homme ne faisait, à cause de la direction oblique des cordes, qu'un effort d'environ vingt-quatre livres et que cinq vibrations par minute. Ce travail était modéré et n'exigeait point de relais, si ce n'est la nuit. Cette machine occupe beaucoup de place et son produit est bien moindre que celui du simple baquetage à seaux.

Roue à tympan.

689. Cette roue représentée Pl. III, fig. 1, 2 et 3 et décrite § 669, élevait l'eau à environ 8 pieds. Son produit a beaucoup varié suivant les différentes hauteurs d'eau dans laquelle elle se trouvait plongée.

1°. Lorsqu'elle prend un pied d'eau, le même nombre d'hommes peut lui faire faire deux tours par minute, ce qui équivaut à cent vingt tours par heure. Dans chaque tour elle vide vingt-quatre cellules, contenant chacune un pied et demi cube, qui produisent par heure 4320 pieds; mais pour y parvenir il faut animer continuellement les ouvriers, sans quoi le mouvement de la machine est ralenti, et le produit n'est plus le même.

2°. Lorsqu'elle prend 9 pouces d'eau, le même nombre d'hommes peut lui faire faire deux tours et demi par minute, ce qui fait cent cinquante par heure; mais aussi chaque cellule ne contient plus qu'un pied cube.

3°. Lorsqu'elle ne prend que 6 pouces d'eau, elle fait communément trois tours par minute avec le même nombre d'hommes : chaque cellule ne contient pour lors que les trois quarts d'un pied cube ; ainsi la machine fait cent quatre-vingt-quatre tours par heure.

4°. Enfin, lorsque la machine ne prend que 3 pouces d'eau, on ne peut compter que sur un peu plus de la moitié du produit précédent, quoique manœuvrée par le même nombre d'hommes.

690. *Perronet*, en comparant le produit de cette machine avec celui d'un chapelet, a reconnu qu'il y aurait en général économie à se servir de la roue à tympan, lorsque l'on ne se proposerait d'élever l'eau qu'à environ 8 pieds de hauteur, parce qu'elle a moins de frottement que les chapelets verticaux : mais d'un autre côté on doit remarquer que cette machine, qui a 18 pieds de diamètre, et qui pèse sept à huit milliers, est bien difficile à établir et à transporter d'un lieu à un autre : elle occupe aussi beaucoup de place dans l'atelier, et ne saurait être élevée ni baissée facilement comme cela serait convenable pour lui procurer plus d'effet à mesure que la hauteur de l'eau change dans l'intérieur du batardeau. Ce sont ces inconvéniens qui en ont fait abandonner l'usage au pont d'Orléans. La construction de cette machine à coûté près de trois cent francs.

Vis d'Archimède.

691. (Pl. III, fig. 6.) Le corps de la vis avait 8 pieds de longueur et 18 pouces de diamètre extérieur ; on l'inclinait plus ou moins, mais ordinairement suivant l'angle de 30 degrés ; ce qui donnait 4 pieds de hauteur perpendiculaire, depuis le point le plus bas jusqu'à celui du dégorgement, et alors la machine élevait l'eau d'environ 3 pieds et demi. La manivelle avait un

pied de coude ou rayon : sa position inclinée à l'horizon fatiguait beaucoup les deux hommes qui la manœuvraient : on lui faisait faire communément trente tours par minute, et le produit alors était de 9 pieds cubes par minute ou 540 par heure. Cette machine a très-peu servi : mais pour les épuisemens à la profondeur de trois ou quatre pieds on n'a rien trouvé de plus commode et de mieux approprié que les seaux et les écopes, mais surtout les seaux.

Chapelets inclinés mûs par des chevaux.

692. Cette machine est décrite (682). Elle était mue par 12 chevaux à chaque relais, et faisait cent quarante tours par heure lorsqu'elle allait sans interruption ; mais il convient d'en déduire un dixième pour le temps perdu par le changement des relais et le raccommodage des équipages, ainsi l'on ne doit compter que sur cent vingt-six tours. Le nombre des alluchons de la roue était de cent quinze; celui des fuseaux de la grande lanterne de douze, et celui des fuseaux de la petite lanterne de huit. Les deux chapelets, donnaient quatre mille neuf cent cinq pieds cubes d'eau élevée à la hauteur de 15 à 16 pieds.

On employait à cette machine 36 chevaux par jour en trois relais.

693. *Perronet*, en comparant le produit et la dépense de cette machine à celle des chapelets verticaux manœuvrés par des hommes, a trouvé que son produit pouvait être évalué à celui de douze chapelets mus chacun par douze hommes divisés en trois relais chacun de quatre hommes ; que la dépense journalière des trente-six chevaux revenait à cent huit francs, et celle des hommes employés aux douze chapelets verticaux,

à deux cents un francs. De sorte que la machine mue par des chevaux procurait une économie de quatre-vingt-treize francs par jour; les autres dépenses étant d'ailleurs supposées égales pour ces différentes machines.

Chapelet incliné mu par le courant de l'eau.

694. Cette machine, décrite (681), a coûté près de douze cents francs. La grande roue avait 124 dents ou alluchons, et la lanterne qu'elle faisait mouvoir, 15 fuseaux; l'autre lanterne, sur laquelle se développe la chaîne du chapelet incliné, avait huit fuseaux; chacun desquels faisait passer une palette de ce chapelet, ce qui donnait 66 palettes deux quinzièmes pour chaque tour de la grande roue; elle en faisait 180 par heure, et le produit en total 11,904 palettes. Chaque palette enlevait 290 pouces cubes d'eau, ce qui produisait en une heure 1997 pieds cubes sept neuvièmes. Ce produit est presque quintuple de celui du chapelet vertical qui élèverait l'eau à la même hauteur d'environ 12 pieds. Elle épargnait donc soixante hommes par jour, dont *Perronet* évalue les journées à 84 francs, sur quoi il déduit 12 francs pour son entretien et le paiement de deux hommes qui la gardaient; de sorte qu'il détermine à 72 francs par trois jours l'économie qu'elle produisit à la construction du pont d'Orléans où elle fut employée.

Roue à godets mue par une grande roue à aubes.

695. Cette machine à épuiser fut employée aux travaux du pont de Neuilly. Elle est décrite (673). Son poids était de plus de 20 milliers, et elle coûta 4500 francs environ. Elle enlevait l'eau à environ dix pieds de hauteur, et son produit pouvait être évalué à celui de douze chapelets verticaux. Ce produit, comparé à celui de la machine précédente, fait voir que celle-

là est plus avantageuse dans le rapport de 15 à 12, à circonstances égales. Voilà pourquoi *Perronet* a employé les roues à godets par préférence aux chapelets inclinés.

CHAPITRE II.

Épuisement de l'eau contenue dans les bassins de construction.

696. DANS les arsenaux de marine, il existe de grands bassins destinés à la construction et à la réparation des vaisseaux. Les travaux que l'on y exécute exigent que l'eau qu'ils contiennent soit épuisée, et qu'ils soient constamment tenus à sec jusqu'au moment où, ces travaux étant terminés, on laisse entrer l'eau pour mettre à flot le vaisseau et le faire sortir.

697. Il faut que ces épuisemens soient faits avec la plus grande célérité possible; on doit donc y employer des machines très-vigoureuses.

698. De fortes pompes, ou bien des norias de grande dimension, mues par une machine à vapeur, sont les moyens les plus convenables pour opérer ces sortes d'épuisemens.

699. Ces machines seront placées dans un édifice contigu au bassin; un ample puisard très-profond y est creusé pour que l'eau du bassin puisse se décharger tout à coup, en ouvrant une écluse pratiquée à cet effet.

Par cette méthode, le bassin sera desséché presque instantanément, et après le premier écoulement, il restera parfaitement à sec. Les machines correspondent au-dessus du puisard.

700. Les épuisemens n'étant que temporaires, on peut dans

les intervalles diriger l'action de la même machine à vapeur sur des foreries et sur d'autres machines en usage dans un arsenal, etc.

701. *Bélidor* a décrit, dans le premier volume de la première partie de son *Architecture hydraulique*, une machine qui fut construite à Rochefort en 1722, pour épuiser les eaux des formes ou bassins de construction. Cette machine était composée de trois norias mues par des chevaux à l'aide de plusieurs roues et lanternes.

702. Les trois norias étaient garnies chacune de trente seaux formant une chaîne de 60 pieds ; elles étaient mises en mouvement simultanément à l'aide de quatre chevaux et par l'intermédiaire de quatre arbres, trois rouets (*a*), un hérisson (*b*), trois lanternes et trois tambours octogones qui soutenaient les chaînes sans fin.

703. Le hérisson était placé horizontalement sur l'arbre du manége, où il était affermi par des jambes de force. Ce hérisson, de trois pieds de rayon, contenait 48 dents, et engrenait avec trois lanternes de 15 pouces de rayons, contenant chacune 16 fuseaux. Chaque lanterne engrenait avec un rouet de deux pieds et demi de rayon, contenant 32 dents, et à l'axe duquel était adapté le tambour octogone d'une des norias dont le rayon avait deux pieds et demi.

704. Chacun des seaux représenté figure 3 (Pl. XIV) était une espèce de tambour composé de deux fonds opposés, unis ensemble par six planches, liées par des équerres de

---

(*a*) On donne en général le nom de rouet à une roue dont les dents sont perpendiculaires à son plan.

(*b*) Le hérisson est une roue dont les dents sont disposées sur le prolongement des rayons.

fer, le tout formant un prisme dont l'épaisseur va en retrécissant depuis l'arête *g a* jusqu'à l'autre opposée *h d*.

Contre les deux fonds étaient attachées des bandes de fer *m l o*, chacune de deux pieds de longueur, percées à leur extrémité pour recevoir des boulons *k*, *k*, lesquels, traversant aussi les bandes qui répondent aux seaux adjacens, forment les nœuds de la chaîne de la noria.

705. Un des fonds de chaque seau, du côté qui répond au bassin, était percé d'un trou pour que les seaux puissent se remplir et se vider; quand ils s'immergeaient, l'ouverture était en bas, et, après qu'ils s'étaient remplis, cette ouverture se trouvait en haut, alors l'eau sortait de côté et tombait dans le bassin.

706. Cette machine mise en mouvement par quatre chevaux élevait en une heure, à 24 pieds de hauteur, 1296 pieds cubes d'eau. Ce résultat trop faible, eu égard à la valeur de la force motrice, semble accuser cette machine de quelque défaut essentiel ou dans sa disposition, ou dans sa construction.

CHAPITRE III.

Épuisemens à bord d'un navire.

707. Des voies d'eau se forment souvent dans la carène d'un vaisseau, dont elle occasionerait la submersion si l'on n'avait des moyens prompts et efficaces de la vider au fur et à mesure qu'elle s'introduit.

708. Ces épuisemens d'où dépend le salut du navire doivent s'effectuer par des machines dont la simplicité et la petitesse de volume soient telles que le navire n'en soit nullement encombré, qu'aucune communication importante n'y soit interceptée, et

enfin qu'aucun empêchement ne soit apporté aux manœuvres ordinaires.

709. Ces machines ont en outre d'autres conditions non moins importantes à remplir. Il faut qu'elles admettent l'action simultanée du plus grand nombre possible de travailleurs, que ces travailleurs puissent déployer commodément toute leur force sans se gêner réciproquement. Il faut qu'elles soient très-solides et fixées d'une manière inébranlable; qu'elles ne soient point sujettes à s'obstruer, qu'elles puissent être réparées promptement et facilement, par la substitution de pièces de rechange, dont il importe que l'on soit abondamment pourvu. On a reconnu que des pompes bien construites sont de toutes les machines celles qui remplissent le mieux ces conditions. Aussi on s'en sert presqu'exclusivement à bord de tous les bâtimens.

710. Un vaisseau de ligne est ordinairement fourni de six pompes. Quatre sont placées autour du grand mât, et les deux autres de chaque côté du mât d'artimon.

Ces pompes sont aspirantes et quelquefois aspirantes et foulantes; leur piston a communément six pouces de diamètre. Celles des vaisseaux à trois ponts ont 34 pieds de longueur; celles des vaisseaux de 74 canons ont 30 pieds, et enfin celles des frégates 19 à 20 pieds.

711. Le corps de pompe, c'est-à-dire, la partie du tuyau que le piston parcourt, est en cuivre bien alésé; le reste est en bois cerclé, revêtu d'une toile goudronnée et d'un entourage de corde, dont les tours fortement serrés se touchent et couvrent entièrement le tuyau.

Bringueballes.

712. Dans la plupart des vaisseaux, chaque pompe est mue par un levier de dix à douze pieds de longueur, appelé *brin-*

gueballe. Ce levier, fait de bois d'orme et quelquefois de chêne, est suspendu au mât par un cordage qui environne le mât et le soutient sur un seul point, de sorte qu'un tiers du levier correspond du côté du piston, et les deux autres tiers du côté de la puissance qui y est appliquée.

Cette puissance consiste en 8 et quelquefois en 12 hommes qui agissent simultanément sur des cordes attachées à l'extrémité. Ils élèvent le piston en tirant de haut en bas, et lui font parcourir un espace de 8 pouces environ de hauteur. Des boulets, attachés à la tige du piston, produisent sa descente. On conçoit aisément que la disposition de ce levier est très-vicieuse; l'appui du levier, n'étant point fixe, lui permet de vaciller en tous sens; d'ailleurs ce même appui présente un grand frottement qui absorbe en vain une partie de la force motrice, dont une autre partie est détruite en pure perte par l'obliquité des lignes de traction; les poids suspendus à la tige du piston occasionent un surcroît de perte.

Archi-pompes.

713. Les pompes sont environnées d'une espèce d puits appelé *archi-pompe*, mot dérivé par corruption de l'expression *arche-pompe*. Un vaisseau a deux archi-pompes, l'*archi-pompe du grand mât* et celle *d'artimon*. Chacune est revêtue de madriers de trois à quatre pouces d'épaisseur, et environnée de huit montans sur lesquels les madriers sont cloués; quatre de ces montans sont placés aux angles de l'archi-pompe, qui a une forme quadrangulaire, et les autres sont intermédiaires. L'archi-pompe s'élève du fond du vaisseau jusqu'au premier pont; elle a ordinairement une largeur égale à la sixième partie de celle du vaisseau. Une échelle à taquets, placée dans l'archi-pompe, permet la descente dans son intérieur.

714. L'archi-pompe a pour but de mettre les pompes à l'abri du choc des futailles d'arrimage et des autres objets qui pourraient les déranger ou les endommager ; ou elle donne la facilité de descendre en ce lieu jusqu'au fond de cale, pour visiter les pompes dans toute leur longueur, les réparer ou les enlever au besoin avec aisance. L'archi-pompe étant située au lieu le plus bas du vaisseau, c'est là où se rendent toutes les eaux de la cale.

Méthode de mettre les pompes en mouvement par l'agitation de la mer.

715. Le capitaine d'un vaisseau qui allait de Stockholm en Amérique, se trouvant dans un moment de détresse, où l'équipage de son bâtiment n'était point suffisant pour vider l'eau qui s'était introduite dans la cale, a su se servir de l'agitation même des flots, qui menaçaient de le submerger, et a suppléé à la force motrice nécessaire pour mettre les pompes en action.

716. Il attacha une longue vergue au mât ; une de ses extrémités correspondait au-dessus des pompes, l'autre sortait hors du navire : à chacune de ces extrémités étaient attachées des poulies, dont le but était de diriger une corde attachée d'une part aux pistons des pompes, de l'autre à une tonne contenant une certaine quantité d'eau, et immergée en partie dans la mer. Ce tonneau s'élevait ou s'abaissait à chaque roulis ; quand le vaisseau roulait à bas-bord, ou quand l'agitation de la mer levait le tonneau, la corde se relâchait et les pistons des pompes descendaient ; par le mouvement contraire le tonneau élevait les pistons, et l'eau se déchargeait. On parvint ainsi à vider le vaisseau en quatre heures, et pendant ce temps l'équipage put être employé à effectuer les autres travaux que la sûreté du bâtiment exigeait.

717. Depuis quelques années les Anglais ont adopté à bord

de leurs bâtimens les pompes à deux pistons dont nous avons parlé dans le chap. II du premier livre. Une de ces pompes, dont l'écoulement est continu, produit à peu près un effet double des pompes ordinaires d'égale dimension; mais elle exige une force motrice plus que double à cause des frottemens qui y sont très-considérables. Ce surcroît de force motrice, exigé par ces pompes, n'est pas un inconvénient nuisible dans les grands vaisseaux, où l'on a ordinairement un grand nombre de bras toujours disponibles.

Pompe à deux pistons et à bringueballe ou châssis, Pl. XIX, fig. 3 et 4.

718. Cette pompe (*a*), construite dans le même système de celle que nous avons décrite (91), contient deux pistons qui se meuvent en sens contraire dans le même corps de pompe, de sorte que l'un descend lorsque l'autre monte; à cet effet les tiges des deux pistons sont excentriques, et celle du piston inférieur traverse le supérieur. Chaque piston porte une soupape à double clapet (129). Les deux tiges se prolongent en dehors du corps de pompe, se coudent et viennent s'assembler dans un levier *b b* fig. 3, fixé à l'axe horizontal *d d*, soutenu par les montans *c c* attachés à la pompe même.

719. La bringueballe ou châssis *n m p q* s'adapte à l'extrémité de l'axe *d d* d'une manière fort ingénieuse, qui donne le moyen de la placer en un temps très-court lorsqu'on veut faire agir la pompe, et de l'ôter quand le travail est fini.

720. On peut faire agir 22 hommes sur ce châssis, 10 en dedans et 12 en dehors : tous travaillent avec le même avantage, sans obliquité de traction et sans encombrement.

721. Ce châssis est composée de trois pieux, le premier

(*a*) Hachette, *Traité élémentaire des machines*, pag. 99, 1re. édit.

porte deux boulons *r*, *s*, et deux clavettes suspendues à des chaînes pour qu'elles ne puissent se perdre dans le transport; le second *m n* est adapté d'un côté à l'extrémité de l'axe *d d*, taillé carrément, et de l'autre au boulon *r*, et il y est fixé par les clavettes; le troisième *p q* est également adapté à cette même extrémité de l'axe *d d*, et d'un autre côté au boulon *s*. La pièce *p q* est repliée à angle droit en *q*, pour recevoir la branche *n* de la pièce *m n*.

722. Le châssis *m n p q* est soutenu par des coussinets *z z*, fixés à des épontilles ou supports verticaux en bois.

723 Ce châssis se monte et se démonte avec la plus grande célérité. Étant en fer il est très-solide et peu volumineux. Lorsque le châssis est démonté, on ôte également l'axe *d d* et les montans *c c*, de sorte que la pompe étant entièrement dépouillée de tout ses appareils, et l'emplacement qui l'environne est complétement libre. Cet avantage est important dans un vaisseau, où le plus petit espace est précieux.

724. La pompe est terminée, dans sa partie inférieure, par un diaphragme ou cloison garnie d'une soupape à double clapet.

Pompe à l'usage des vaisseaux, par M. *Roberson* Buchanan.

725. Les accidens nombreux qui arrivent aux navires par suite de l'ensablement ou de l'obstruction des pompes, ont fait considérer comme un objet très-important pour la marine, de trouver quelque moyen d'éviter un inconvénient aussi fâcheux, dans l'usage de ces machines. La pompe à chapelet a été adoptée en conséquence, comme étant de tous les appareils de ce genre le moins sujet à être obstrué; mais la pompe à chapelet n'est pas elle-même sans imperfections. Si les rondelles ne joignent pas bien dans le corps de pompe qu'elles parcourent, il retombe beaucoup d'eau; si elles entrent bien juste, le frot-

tement d'un si grand nombre de rondelles doit être considérable, indépendamment de celui de la chaîne sur les roues qui l'entraînent, et de celui des axes de ces roues elles-mêmes. On doit à cet inconvénient ajouter ceux de la rupture fréquente de la chaîne et de l'usure considérable des cuirs.

726. M. *Buchanan* a eu en vue dans la construction de sa pompe, représentée figure 4 (Pl. VII), d'empêcher qu'elle ne puisse être obstruée par le sable, les copeaux, etc.

—A, tube d'aspiration. —B, soupape ascendante. — C, soupape latérale. — D, corps de pompe. — E, piston. — G, tuyau de sortie dans l'action du refoulement.

727. Les soupapes sont de l'espèce appelée à clapet, et leurs charnières sont en métal, comme plus durable que le cuir (*a*).

Les propriétés qui distinguent cette pompe des pompes ordinaires, sont, que l'eau est chassée par-dessous le piston, et que les soupapes, d'une construction simple et durable, se trouvent l'une auprès de l'autre et sont faciles à atteindre.

De cette disposition résultent les avantages suivans : le sable ou telles autres matières étrangères qui peuvent se trouver dans l'eau, sont chassés au dehors, sans que ni le corps de pompe, ni les cuirs du piston puissent en souffrir. Ainsi, non-seulement on évite que ces pièces frottantes s'usent, mais même la pompe se conserve en bon état et est toujours prête à agir dans les momens de danger. On peut donner aux soupapes telle dimension qu'on juge convenable, et les empêcher ainsi d'être obstruées par aucune des saletés qui peuvent s'élever dans le corps de pompe. S'il s'amasse quelque matière autour de l'une d'elles, il est très-facile de l'en débarrasser, car elles sont l'une et l'autre à la portée de la main qu'on introduit dans la cavité G, sans rien démonter ni déranger dans

---

(a) *Philosophical Magazine*, août 1801, et *Bibliothéque britannique*, t. 18.

la machine. Enfin, cet appareil prend très-peu de place, et par conséquent laisse plus d'étendue pour loger les marchandises dans le navire.

728. On peut en un instant faire de cette machine une pompe à incendie, car elle possède à volonté tous les avantages qui appartiennent aux pompes foulantes. On les obtient en vissant un réservoir d'air H au-dessus du tuyau latéral G, et en appliquant à l'orifice de ce tuyau un diaphragme (fig. 5), destiné à recevoir un tuyau de cuir. Ce diaphragme est de forme elliptique, ainsi que l'orifice qu'il doit fermer. Il est aussi fait en cône dans le sens de son épaisseur, et les bords de l'orifice sont taillés de même, la partie la plus large répondant au côté intérieur. Il résulte de cette disposition particulière, qu'on peut introduire le diaphragme en question du dehors au dedans, en le faisant entrer de manière que le petit axe de son ellipse réponde au grand axe de l'ouverture; on lui fait faire ensuite un quart de tour, on le retire à soi, il est appliqué juste, et joint d'autant mieux que la pression de l'eau est plus considérable contre sa face postérieure.

729. Lors donc qu'on a adapté le réservoir d'air et le diaphragme qui porte le tuyau de cuir, l'appareil est immédiatement converti en pompe à incendie. Lorsqu'on veut s'en servir comme d'une pompe simple aspirante, on supprime ces deux parties, devenues inutiles dans ce cas.

730. Outre l'avantage de pouvoir servir à volonté à vider la carène ou à éteindre une incendie, cette pompe a celui de pouvoir être employée à divers autres usages très-utiles à bord, comme pour laver les ponts et les côtés du navire, et pour mouiller les voiles dans les brises faibles.

731. L'usage de la pompe de M. *Buchanan* est non-seulement utile dans les vaisseaux, mais même on l'emploie avec avantage

dans beaucoup d'autre cas, et spécialement quand l'eau à épuiser est mêlée de sables ou d'autres matières nuisibles au jeu des pompes ordinaires; par exemple, dans les travaux de fabrication de l'alun et du savon; dans les mines, les carrières, l'épuisement des batardeaux; et la propriété qu'elle a de pouvoir lancer l'eau à la manière des pompes à incendie, peut être utilisée dans les jardins, les blanchisseries, et dans plusieurs manufactures.

732. M. *Buchanan* a fait plusieurs expériences pour reconnaître quelle est la manière la plus avantageuse d'appliquer la force des hommes à une pompe, il a reconnu que, dans les quatre manières suivantes, le rapport de leur avantage relatif est exprimé par les nombres suivans :

L'action ordinaire de pomper de bas en haut.	290 $\frac{1}{3}$
L'action de tourner une manivelle. . . .	476
L'action de sonner une cloche.	648
L'action de ramer.	682 $\frac{1}{3}$

Il prétend que la moins efficace de ces diverses applications de la force humaine, est celle qui fatigue le plus promptement l'individu; et que celle qui est la plus énergique est aussi celle qu'il peut exercer le plus long-temps.

733. La pompe de M. *Buchanan* est surtout précieuse à bord de bâtimens destinés à être chargés de blé ou de café; car, si par malheur les grains arrivent dans les pompes, ils en empêchent absolument le jeu et mettent souvent le navire en grand danger.

LIVRE QUATRIÈME.

Des machines pour épuiser l'eau des mines.

734. Un des objets les plus importans dans l'exploitation des mines est l'art de détourner les eaux, de les épuiser par machines ou autrement, pour tenir les ouvrages à sec et praticables.

735. Les galeries d'écoulement sont le meilleur moyen pour se délivrer des eaux souterraines, lorsque ces galeries ne sont point excessivement coûteuses. Mais, comme en général les exploitations s'approfondissent progressivement, et que souvent la situation des montagnes n'est point propre à ces percemens, on est obligé de se servir de machines hydrauliques, par lesquelles on élève les eaux à la hauteur des galeries d'écoulement déjà établies.

Notre but, dans ce livre, est de faire connaître ce genre de machines. Il est divisé en quatre chapitres. Le premier décrit le système de pompes en usage dans les mines : les chapitres suivans contiennent les applications de divers moteurs à ces machines.

CHAPITRE PREMIER.

Système de pompes en usage dans les mines.

Observations préliminaires.

736. Quand le puits d'une mine n'est pas encore parvenu à une grande profondeur, on extrait les eaux ou avec des seaux,

ou avec des sacs de cuir, ou avec des pompes à bras d'homme. Mais, lorsque le puits devient plus profond, on se sert d'un *baritel* (*a*), avec lequel on extrait alternativement les eaux et les *minerais*. Cependant, quand la quantité d'eau et la profondeur du puits augmentent, ce moyen devient insuffisant; on subtitue alors des pompes aux seaux ou aux sacs de cuir que le baritel faisait agir, et ces pompes, mues à bras d'hommes, servent jusqu'à ce qu'une machine plus puissante devienne nécessaire.

737. Les pompes que l'on emploie en pareils cas sont aspirantes, leurs pistons sont en bois garnis de cuir. Les bandes de cuir qui environnent le corps du piston surmontent de quelques pouces sa surface supérieure, et forment une espèce de réservoir dont les parois flexibles se dilatent lorsque le piston monte chargé d'une colonne d'eau, et par cette dilatation elles touchent immédiatement les parois du corps de pompe, et interdisent tout passage à l'air et à l'eau, entre le corps de pompe et le piston.

738. Lorsque la profondeur du puits dépasse 20 pieds, on divise sa hauteur en plusieurs étages de vingt pieds chaque; on établit autant de pompes, l'une au-dessus de l'autre, qu'il y a d'étages. Entre une pompe et la suivante se trouve placée une bâche ou réservoir dans laquelle la pompe plus basse verse l'eau qu'elle a élevée, et celle qui vient ensuite puise cette eau pour l'élever à un second réservoir; et ainsi de suite.

739. Dans les mines profondes qui ont beaucoup d'eau, l'extraction à bras d'hommes deviendrait impraticable et coûterait trop. Les anciens, qui n'employaient que cette espèce de moteur, et qui ne savaient pas tirer partie des agens très-vigoureux que

---

(*a*) Le *baritel* est une machine destinée à mettre en mouvement deux grands tonneaux, pour extraire de l'eau ou du minerai.

la nature a mis à la disposition de l'homme pour suppléer à sa faiblesse individuelle, ont été obligés par ce seul motif, d'abandonner des exploitations considérables lors même qu'elles semblaient promettre de donner de plus grands produits.

740. Les galeries d'écoulement que l'on établit à différentes profondeurs, en perçant les flancs des montagnes sont sans contredit le meilleur moyen pour se délivrer des eaux souterraines; par leur moyen on a un écoulement sûr et immédiat, jusqu'à ce que les travaux aient été poussés au-dessous du niveau de leur embouchure. Mais, comme au bout d'un certain temps les exploitations doivent nécessairement gagner en profondeur, on est obligé de creuser de nouvelles galeries d'écoulement dont la confection occasione souvent des frais énormes, qui obligent d'abandonner ce mode dispendieux pour recourir aux épuisemens à l'aide des machines à manége, à roues hydrauliques, ou à colonne d'eau, ou à compression d'air, ou enfin à vapeur. Ces cinq espèces de machines ne diffèrent entre elles que par leur moteur, et conséquemment par la forme du récepteur qui reçoit immédiatement l'action du moteur; mais tous les moteurs agissent sur un système de pompes aspirantes, superposées les unes aux autres en divers étages, ou bien ils mettent en mouvement une machine à molettes pour extraire le minerai. Nous examinerons d'abord un système de pompes séparément, et ensuite nous indiquerons les diverses méthodes de combiner, soit le système de pompes, soit la machine à molette avec les récepteurs que nous venons de nommer.

Description d'un système de pompes aspirantes.

741. Une pompe aspirante simple est en général composée, 1°. d'un corps de pompe, 2° d'un tuyau d'aspiration, 3°. d'un tuyau supérieur ou dégorgeoir, 4°. d'une soupape placée à

l'endroit où se réunissent le corps de pompe et le tuyau d'aspiration, 5°. d'un piston à soupape, 6°. de la tige du piston.

742. Dans le choix des matériaux qui composent toutes ces parties, on a dû concilier la solidité avec l'économie. Dans la disposition des parties on a dû avoir égard à la régularité du mouvement et à la diminution des frottemens, à la stabilité de l'appareil et à la verticalité des tractions.

743. Il a fallu faciliter les réparations sans nuire au service; et surtout, il a fallu choisir l'appareil le moins volumineux possible, à cause de l'énormité des dépenses qu'exigerait la construction du puits où l'appareil doit être établi, si les dimensions en étaient trop grandes.

744. Un système de pompes dans les mines est (comme nous l'avons dit précédemment) composé de plusieurs pompes disposées en divers étages.

La première pompe, placée dans le fonds du puits, a son bout inférieur immergé dans un réservoir entaillé dans le roc, ou fait avec des madriers, dans lequel se rendent toutes les eaux des passages et des galeries d'allongement qu'on dirige vers ce lieu. Mais, comme les eaux charient des ordures qui pourraient obstruer les pompes, si elles parvenaient à s'y introduire, on doit adapter au tuyau d'aspiration une plaque de tôle percée d'un grand nombre de petits trous à l'instar de la plaque d'un arrosoir ordinaire. Dans les pompes hautes, le tuyau d'aspiration trempe dans une caisse convenablement calfatée, dans laquelle la pompe inférieure décharge son eau pour la donner à la seconde. Il importe essentiellement de prendre les précautions convenables pour qu'il ne tombe rien ni dans le réservoir, ni dans les caisses, ni enfin dans les tuyaux des pompes.

Tuyaux et corps de pompe.

745. Les tuyaux d'aspiration entrent de deux pieds dans l'eau. On préfère ordinairement pour ces sortes de tuyaux le bois de *larix*, parce que ce bois de nature résineuse se conserve très-bien dans l'eau. Pour leur donner plus de solidité, on les garnit de cercles de fer. On peut allonger ces tuyaux en y adaptant une pièce appelée tuyau d'allonge; ce tuyau doit être d'un diamètre plus fort à son embouchure, afin qu'il puisse entrer dans l'autre; on bouche exactement les jonctions avec des étoupes, et on les enduit de glaise, pour empêcher que l'air ne s'y introduise.

746. Le corps de pompe, c'est-à-dire, la partie que le piston parcourt en montant et en descendant, peut se faire de bois, de fer ou de bronze. Ceux de bois ne résistent pas long-temps, et l'on est obligé de les changer fréquemment. Ceux de fer sont rongés par les eaux vitrioliques; ainsi ceux de bronze sont les meilleurs, quoique plus chers; leur durée est longue, et, quand ils sont endommagés, on les refond.

747. Le corps des systèmes de pompes, mues par les machines à colonne d'eau, ont la levée, c'est-à-dire, la longueur de la course, tant en montant qu'en descendant, communément de six pieds, ont huit pieds de hauteur; chacun d'eux porte un cercle et quatre tenons saillans, figure 3 (Pl. XXVII), fondus avec le tuyau même; ils servent à le fixer. Leur liaison avec le tuyau d'aspiration se fait par un bloc de bois *g*, figure 2 (Pl. XXVII); il est creusé de manière que le cylindre peut être enchâssé par le haut, et le tuyau d'aspiration par le bas. Ce bloc est garni de trois ou quatre cercles de fer, bien serrés; et pour qu'il n'entre point d'air, et que l'eau ne puisse pas sortir, on y chasse par-dessus des coins de fer, qui produisent

une jonction plus immédiate avec le cylindre, et on les garnit d'étoupes qu'on enfonce à coups de maillet.

748. La pompe est fixée dans le puits par des moises *k* qui embrassent étroitement le tuyau, et sont serrées par des frettes à clavettes.

749. Les hautes pompes employées dans les mines ont quelquefois de 60 à 100 pieds de hauteur. Le tuyau aspirateur de ces pompes, leur corps de pompe, le tuyau montant, sont superposés en ligne directe, c'est-à-dire, les axes de toutes ces parties correspondent dans une même ligne verticale.

750. Les tuyaux aspirateurs et montans sont en bois, et composés de plusieurs parties embouchées l'une dans l'autre; ces portions de tuyaux ont chacune six pieds de longueur; on les garnit d'un nombre plus ou moins grand de cercles de fer, suivant l'exigence des cas, afin que la colonne d'eau qu'ils contiendront ne puisse les faire crever.

751. Lorsqu'on doit établir des systèmes de pompes dans les puits d'une mine, et que la quantité d'eau à extraire est considérable, il vaut mieux se servir d'un seul système dont les pompes auraient un grand diamètre, que de plusieurs dont les pompes n'en auraient qu'un petit, si toutefois la force motrice est suffisante. Parce que l'établissement de plusieurs petits systèmes coûte plus que celui d'un grand; nécessite plus d'espace dans les puits; l'entretien en est plus dispendieux, et les résistances en sont plus fortes, à cause du plus grand nombre de tiges et de tirans qui augmentent la charge et le frottement.

752. Dans tous les cas, il faut que les cylindres et surtout les corps de pompe soient forés avec la plus grande exactitude, et qu'ils soient bien alésés, pour diminuer, autant qu'on le peut, les frottemens du piston. Le corps de pompe doit être proportionné de telle sorte que le piston, dans sa descente, approche

de très-près la soupape, sans cependant la toucher; car il l'endommagerait par le choc : il faut qu'il ne reste ni air ni eau entre l'un et l'autre (56).

Pistons.

753. Les pistons en usage dans les mines sont en bois ou en bronze. Les premiers, moins coûteux, sont ceux que l'on emploie le plus fréquemment, surtout dans les puits obliques où les pistons s'usent beaucoup et ont besoin d'être renouvelés très-souvent.

La figure 16 (Pl. X) représente un de ces pistons, qui a le défaut de trop rétrécir le passage de l'eau, en l'obligeant d'acquérir beaucoup de vitesse pour franchir ce passage; il surcharge conséquemment d'autant la puissance, lorsque le piston descend. Il est bon d'observer cependant que, comme cette puissance dépend spécialement du poids de l'attirail du piston chargé lui-même d'une colonne d'eau fort haute et fort pesante, la force motrice qui met en mouvement le système des pompes n'en éprouve qu'un léger préjudice; mais les cuirs et la soupape s'usent très-promptement; et, lorsque le cylindre est en bois, il peut crever: les tiges se rompent aussi quelquefois. Conséquemment, sous ce rapport, les pistons de bronze sont préférables, puisqu'ils permettent de faire les ouvertures plus grandes.

754. Si le piston entre avec trop de difficulté dans le corps de pompe, il interceptera sans doute beaucoup mieux le passage de l'air et de l'eau entre ses parois et celles du corps de pompe; mais d'un autre côté les frottemens deviendront excessifs. Si au contraire il entre avec trop de facilité, il s'échappera de l'air et de l'eau, ce qui est très-nuisible au jeu de la machine. Il faut donc éviter les extrêmes, et prendre un terme moyen

indiqué par l'expérience. Dans les pompes ordinaires des mines, on donne communément au plus grand diamètre du piston, garni de tous ses cuirs, deux lignes de plus que le diamètre intérieur du corps de pompe. Dans les gros cylindres, on l'augmente de trois à quatre lignes; et enfin dans les hautes pompes, on leur donne cinq à six lignes de plus que le diamètre du cylindre, et alors le massif du piston se fait d'un pouce de moins afin qu'il ne frotte jamais contre le cylindre.

Soupapes.

755. Les soupapes en usage dans les mines sont ordinairement formées par l'assemblage de deux cuirs très-forts, cousus ensemble; ces cuirs sont garnis de deux assiettes de tôle serrées par une vis; d'un côté, le cuir est un peu en saillie, ce qui forme une queue pour pouvoir le clouer sur l'orifice du tuyau d'aspiration. Il faut que la soupape couvre parfaitemeut l'orifice, qu'elle y soit bien ajustée et qu'elle se ferme promptement. Les soupapes métalliques à coquilles ne sont pas d'un bon usage dans les mines; car, comme l'eau n'y est jamais claire, mais qu'elle est remplie d'ordures, de sables et de petites pierres, le dépôt qui se forme sur les bords de l'orifice empêche la soupape de se fermer exactement; au lieu que le cuir, qui se laisse pénétrer avec facilité, s'adapte malgré cela assez complètement à l'orifice, en vertu de la grande pression que la soupape éprouve.

Tirants et tiges d'un système de pompes, Pl. XXVII, fig. 4.

756. Comme on est obligé de placer dans un puits plusieurs pompes qui se déchargent les unes dans les autres, il est nécessaire d'employer de longs tirants liés ensemble, qui descendent dans le puits jusqu'à la dernière pompe, afin qu'on puisse y adapter les tiges. Ces tirants consistent en solives de 20

pieds de long, de quatre pouces d'épaisseur sur cinq de large; les solives qui les composent sont assemblées à *trait de Jupiter*, c'est-à-dire, à échancrures (comme on le voit en A fig. 4 Pl. XXVII); elles sont fixées et serrées au moyen de cercles obliques *m m*, qui forment une espèce de ceinture autour de l'assemblage. Chaque cercle est soutenu, dans sa position oblique, par deux crampons incrustés dans le bois; des coins chassés avec force, dans leur intervalle, obligent toutes les parties de l'assemblage à se joindre parfaitement.

757. Au fur et à mesure que l'on descend, on fait les tirants inférieurs moins forts, afin de diminuer la charge autant qu'il est possible.

758. Il faut que ces tirants agissent toujours dans la même direction, et qu'ils conservent constamment leur verticalité. A cet effet ils sont environnés, de distance en distance, par des moises qui leur servent de coulisses. Les moises sont garnies de rouleaux *m m*, placés au-dessus de l'ouverture que le tirant traverse, afin d'éviter de trop grands frottemens.

759. Les tirants seraient exposés à s'user promptement à l'endroit où ils frottent contre les rouleaux, si l'on ne prenait la précaution de les revêtir de liteaux de hêtre en *o o*. Ils ont trois quarts de pouce d'epaisseur, sont arrêtés par des clous et des crampons, et on les change lorsqu'ils sont usés.

760. Il arrive quelquefois qu'un tirant se rompt; pour éviter que la partie cassée ne tombe dans le puits et ne cause beaucoup de dégâts, ils sont arrêtés de distance en distance par des chaînes *r r*, assujéties aux moises des pompes; cette disposition prévient les accidens qui seraient la suite de leur chute.

761. Il y a dans plusieurs systèmes de pompes deux rangs

de tirants, dont l'un s'élève tandis que l'autre s'abaisse; dans ce cas, par leur équilibre réciproque, ils soulagent la puissance motrice de leur poids. Lorsque les pistons de toutes les pompes qui composent le système sont adaptés à un seul rang de tirants, alors, pour faire contre-poids, on adapte cet attirail à un balancier garni d'un secteur, et on le suspend au moyen d'une très-forte chaîne qui se replie sur ce secteur; à l'autre extrémité du balancier, on pose une caisse remplie de pierres ou de vieux fer, dont l'objet est de contre-peser l'attirail, pour que la puissance n'ait à vaincre que la résistance de l'eau à élever et les frottemens de la machine, et qu'elle ne soit point obligée de consommer une partie de sa force pour surmonter la pesanteur de cet énorme fardeau, qui équivaut à quinze ou vingt milliers lorsque les puits sont très-profonds.

762. Les tirants sont en chêne ou en sapin; la première espèce de bois dure plus long-temps, l'autre a moins de poids.

Souvent les puits où l'on établit les systèmes de pompes sont obliques et suivent la pente des veines métalliques; alors les pompes et leurs tirants ont une inclinaison égale à celle des puits où elles se trouvent. Dans ces cas, il est nécessaire le soutenir les tirants par un assez grand nombre de traverses garnies de rouleaux pour diminuer les frottemens.

763. La fig. 5 (Pl. XXVII) représente un fort étrier de fer adapté à la partie supérieure d'un tirant. C'est à cette partie, garnie de cinq boulons, que s'adapte la chaîne de suspension.

764. L'office d'un tirant est de soutenir et de mettre en mouvement les tiges des pompes. Ces tiges, faites en bois de sapin, ont trois pouces d'équarrissage à leur sommet et deux pouces en bas. Leur longueur est communément de 24 pieds. Dans les hautes pompes, on en assemble plusieurs bouts, de la manière indiquée pour les tirants.

765. Nous avons dit (158) que les pistons en usage dans les mines, avaient dans leur partie supérieure une fourche ou étrier de fer, comme on le voit, figure 16 (Pl. X) qui représente un de ces pistons. Cette fourche ou étrier a pour but de réunir le piston à sa tige. La tige porte à son sommet un étrier à peu près semblable, mais plus fort. L'œil qui termine cet étrier par en haut (voyez fig. 5, Pl. XXVII), entre dans le boulon *r* de la potence en fer *s s* annexée au tirant.

766. Cette potence (fig. 6) est composée d'une bande de fer verticale d'un pied et demi de long, du milieu de laquelle sort à angle droit le boulon *r* de six à huit pouces de long, et qui est soutenu par les deux pièces obliques *l l*; elles arc-boutent en sens contraire. La potence est fixée au tirant par des cercles en fer et des boulons à écrou. Le boulon porte, à son extrémité, une clavette qui retient la tige et l'empêche de se décrocher.

Précautions utiles dans les épuisemens des mines.

767. Il importe surtout d'éviter un double emploi de force motrice employée ou à faire monter l'eau plus haut qu'il ne le faut, ou bien à élever celle que, par défaut de précaution, on aura laissé tomber des lieux élevés dans les fonds les plus bas. On doit apporter la plus grande attention à recueillir soigneusement toute l'eau des galeries et passages supérieurs, et de la conduire dans des réservoirs ou caisses du système de pompes, qui sont placés à leur hauteur, sans permettre qu'aucune partie de cette eau s'écoule plus bas.

768. De ce que nous venons d'exposer il résulte que, les pompes supérieures ayant à élever non-seulement la masse d'eau que les pompes inférieures leur ont transmise mais encore celle provenant des écoulemens que leurs réservoirs reçoivent, il faut que ces pompes aient un diamètre plus fort.

769. Par la même raison, il faut que les caisses supérieures soient plus grandes. En général, on préfère de donner à ces caisses plus de profondeur que de largeur, pour que le bout des pompes plonge assez dans l'eau, afin que l'air ne puisse pas s'y introduire.

770. Quand on veut changer le cuir des pistons des pompes basses, c'est-à-dire, de celles qui n'ont que vingt à vingt-quatre pieds, on décroche d'abord la tige, que l'on fait sortir de la pompe, et ensuite on en détache le piston, opération qui se fait aisément, en ôtant les boulons de l'étrier. Dans les pompes qui ont une hauteur considérable au-dessus du corps de pompe, il faut extraire le piston d'une autre manière. On ouvre le tuyau d'aspiration, ce qui s'exécute facilement en ôtant les moises qui le soutiennent. On pousse alors le piston avec sa tige, jusqu'à ce qu'il corresponde à cette ouverture; on le détache; on remet un autre piston, et on remonte le tout, après avoir visité la soupape d'aspiration.

Il est indispensable d'avoir en magasin un grand nombre de pièces de rechange toutes prêtes, pour pouvoir remédier à l'instant à tous les dérangemens qui peuvent survenir; car une interruption trop longue, dans le travail d'épuisement d'une mine, pourrait avoir des conséquences très-funestes.

771. Les pompes aspirantes et foulantes ne sont employées dans les mines que dans les puits qui ne s'approfondissent plus, et dans lesquels il ne descend point d'eau des passages supérieurs, ou bien lorsque l'eau de ces derniers est élevée séparément par d'autres pompes. Dans ces cas, elles sont préférables aux pompes aspirantes, car elles épargnent le très-lourd attirail que celles-ci exigent, et conséquemment ayant moins de résistances passives à vaincre, une plus petite force motrice leur suffit. On pourrait retirer les mêmes avantages des pompes simplement foulantes,

s'il n'y avait pas l'inconvénient du rechange des cuirs dans des réservoirs aussi profonds.

Pompes employées à *Freyberg*.

772. Nous allons extraire de l'intéressant ouvrage de M. *Daubuisson* sur les mines de Freyberg, quelques détails sur la construction et la disposition des pompes qui y sont employées.

773. Ces pompes sont aspirantes, et ont environ trente pieds de hauteur depuis le niveau de l'eau dans laquelle plonge le tuyau d'aspiration, jusqu'au tuyau qui verse l'eau élevée. Le piston a depuis sept jusqu'à treize pouces de diamètre.

774. Le corps de pompe est un cylindre creux de fer fondu; il a trois pieds de long et environ huit lignes d'épaisseur. Ce cylindre métallique est placé entre deux cylindres en bois; leur diamètre intérieur est égal à celui du corps de pompe dont chacune des extrémités entre de six pouces dans ces cylindres. Au cylindre supérieur est adapté un canal ou tuyau, par lequel s'écoule l'eau élevée: dans l'inférieur, à la jonction du tuyau d'aspiration, est placée une soupape à clapet: un bondon que l'on ouvre, donne la facilité de réparer cette soupape, sans démonter la machine.

775. Le tuyau d'aspiration est ordinairement composé de trois tuyaux joints bout à bout; la jointure est calfatée. Ces tuyaux ont communément de sept à huit pouces de diamètre à l'extérieur et d'environ quatre à l'intérieur (pour des pompes dont le piston a dix à douze pouces); l'extrémité inférieure du dernier aboutit dans une caisse dans laquelle une autre pompe plus basse verse l'eau qu'elle a élevée. Cette caisse repose dans une entaille faite dans le mur du filon, où elle est soutenue par des étais.

776. Le piston est un morceau de bois de forme à peu près cylindrique, de quatre pouces et demi de hauteur, et d'un diamètre

proportionnel à la grosseur de la pompe. Dans le milieu, il est percé d'un trou ayant environ un pouce carré, et tout autour de six ou huit trous d'un pouce trois quarts de diamètre ; vers le haut est fixée une couronne de cuir, ayant deux pouces de haut et quatre à cinq lignes d'épaisseur; elle est faite de plusieurs cuirs cousus ensemble : elle frotte contre les parois du corps de pompe. Sur la base supérieure du piston, on place une rondelle de cuir souple, mais épaisse; elle est percée d'un trou qui correspond dans celui du milieu, dans lequel entre une tige de fer équarrie, dont l'extrémité est taillée en forme de vis, qui entre dans l'écrou. A l'autre extrémité, faite en forme de fourche, s'adapte une autre tige de bois, qui a deux pouces un sixième de diamètre, et quatre à cinq pieds de haut. L'extrémité supérieure, qui est renflée, est percée d'un trou qui entre dans un bras de fer fixé au *tirant* par trois vis.

777. Les pompes sont principalement soutenues par des étais, qui passent sous le cylindre de bois supérieur, et dont les extrémités entrent dans des trous ou entailles pratiquées dans le roc. Quelques autres pièces de bois dirigées des cylindres contre les parois du puits, servent à les tenir assujetties dans la position où on les a placées.

778. Une pompe ainsi construite et fixée, coûtait, suivant M. *Daubuisson*, de cent à cent vingt livres.

779. Le tirant est composé d'une file de solives de bois équarri, chacune desquelles a vingt ou trente pieds de long, et quatre à cinq pouces d'équarrissage. Elles sont jointes bout à bout, et la jointure est recouverte par deux pièces de bois, dans lesquelles on a pratiqué des échancrures correspondantes, faites vers les extrémités des solives : le tout est fortement assemblé par des anneaux et boulons de fer. Autrefois on assemblait les pièces du tirant en plaçant l'extrémité supérieure de l'une sur l'extré-

mité inférieure de celle qui était immédiatement au-dessus; mais alors, l'axe de ces diverses pièces n'étant pas en ligne droite, le tout était moins solide.

780. Les tirants qui descendent dans les puits ont un mouvement alternatif rectiligne; dans ce mouvement ils glissent sur des rouleaux de bois de charme revêtus de fer; on leur donne un diamètre tel qu'ils fassent un tour entier pendant une levée ou une baissée du tirant; la partie de ce tirant qui glisse sur les rouleaux est revêtue d'une petite planche de bois de charme; on la change quand elle est usée. Pour que les tirants ne se jettent point à droite ou à gauche, on les fait passer de distance en distance entre deux étais; et, afin que le frottement soit diminué autant que possible, on fixe sur ces étais deux petits rouleaux verticaux entre lesquels glisse le tirant. Il est encore traversé de loin à loin par une cheville qui serait arrêtée par des étais, dans le cas où quelque pièce viendrait à casser ou à se détacher; on empêche par-là le tirant de tomber au fond du puits, et de briser ou endommager dans sa chute quelques parties de la machine.

781. Chaque machine a deux tirants à chacun desquels correspond une suite de pompes placées immédiatement l'une au-dessous de l'autre; depuis la galerie d'écoulement jusqu'au fond de la mine, chacune transmet à celle qui est au-dessus l'eau qui lui a été apportée par celle qui est au-dessous. Lorsque les eaux à épuiser sont abondantes, toutes agissent en même temps; et, quand elles sont moins copieuses, on se contente d'accrocher à un des tirants les pompes qui sont en nombre impair, c'est-à-dire, la première, la troisième, la cinquième, etc., et à l'autre tirant, celles du nombre pair, la seconde, la quatrième et la sixième: ainsi l'eau élevée par la sixième passe à l'autre tirant et est enlevée par la quatrième, etc.

782. Si la profondeur d'où on veut élever l'eau est de 600 pieds

on emploîrait 20 pompes, 10 de chaque côté. M. *Daubuisson* dit qu'un pareil attirail pourrait coûter, sans y comprendre les frais accessoires, de 4 à 5 mille francs ; en supposant que le diamètre des pistons soit de 9 pouces, la puissance qu'on appliquerait à cet attirail aurait à surmonter : 1°. le poids d'une colonne d'eau pesant 18,500 livres ; 2°. le poids des tirans que M. *Daubuisson* évalue à 15,000 livres ; 3°. celui des pistons qui est de 800 livres ; 4°. les résistances passives dont la valeur n'est point facile à déterminer. Cette énorme résistance peut être surmontée, ou par une machine à vapeur ou par une grande roue hydraulique ; à *Freyberg*, on se sert de cette dernière méthode.

CHAPITRE II.

Machines à molettes et système de pompes mues par les chevaux.

783. L'EAU est de tous les moteurs celui dont on fait le plus fréquemment usage dans les mines ; mais il est des cas où ce moteur exige des opérations préparatoires trop dispendieuses, et d'autres où il est impossible de se le procurer ; ces cas ont lieu, par exemple, lorsque les puits sont sur le sommet des montagnes.

Alors il faut recourir aux machines à vapeur ou bien aux chevaux. Les machines à vapeur sont préférables sous le triple rapport de leur énergie, de la continuité de leur mouvement, et de l'économie, lorsque ces précieux avantages ne sont pas détruits, soit par la rareté du bois et sa cherté, soit par la dépense trop considérable de leur établissement, comparativement à

l'importance ou à la durée de l'opération à laquelle on applique ces machines. Si ces dernières circonstances ont lieu, il faut nécessairement avoir recours aux machines à manége, c'est-à-dire, aux machines mues par les chevaux.

784. Ces machines ont deux objets, les épuisemens et l'extraction du minerai. Lorsqu'elles servent au premier objet, elles agissent sur un système de pompes disposé à l'instar de celui que nous avons amplement décrit dans le livre précédent; nous ne nous occuperons ici que des parties de ces machines destinées à transmettre le mouvement au système de pompes indiqué.

785. La portion de mécanisme que nous avons à décrire est ordinairement renfermée dans un *hangar* en charpente. Au milieu de ce hangar s'élève verticalement l'arbre du manége, qui porte les barres sur lesquelles les chevaux doivent agir, et un grand hérisson horizontal qui engrène avec une lanterne, dont l'axe prolongé porte des manivelles coudées qui agissent ordinairement sur deux tirants horizontaux, destinés à transmettre le mouvement aux tirants verticaux du puits, par l'intermédiaire de balanciers angulaires garnis de secteurs, sur lesquels se développent et s'enveloppent alternativement les chaînes de suspension.

786. L'arbre a ordinairement 30 ou 36 pieds de longueur, et 18 pouces de grosseur; autour de cet arbre sont disposés les leviers ou barres d'attelages liés ensemble de la manière indiquée dans la fig. 6 (Pl. XXVII). Le hérisson *b b* est adapté aux leviers mêmes, assemblés par des traverses horizontales, et contrebuttés par en haut et par en bas comme l'indique la figure.

787. Le tourillon inférieur de l'arbre repose dans une cavité creusée dans un gros bloc de pierre dure, et le tourillon supérieur est retenu par un fort anneau métallique.

788. Ce manége est disposé de manière à ce qu'on puisse y atteler huit chevaux, dont les palonniers sont attachés à l'extrémité des bras *a*, *a*, etc.

789. Le diamètre du hérisson est de 36 pieds, et les dents sont éloignées de 5 pouces environ d'un sommet à l'autre; leur nombre est de 264. On doit remarquer que ces dents sont posées sur deux circonférences concentriques, alternativement sur la première, puis sur la seconde. Cette disposition a pour but d'empêcher que les fuseaux de la lanterne ne s'usent trop vite. On donne communément à la lanterne 9 pieds de diamètre et 66 fuseaux.

790. La lanterne est composée de deux jantes en chêne *i i* de quatre pouces d'épaisseur et de 8 de largeur; chacune d'elles est arrêtée par quatre bras croisés, qui environnent l'arbre, et qui y sont fixés. Les jantes sont écartées l'une de l'autre de 14 à 15 pouces; les fuseaux sont communément de chêne vert et les dents du hérisson de hêtre.

791. La manivelle double *x*, annexée à la lanterne, fait mouvoir les tirants horizontaux *p p*, et ceux-ci tirent et poussent alternativement les balanciers angulaires *m*, *m*, auxquels sont attachés les tirants verticaux *q q*.

792. La manivelle double est coûteuse, d'une difficile exécution, et sujette à se déranger; on a reconnu qu'il était plus convenable de la faire en bronze qu'en fer fondu.

793. La lanterne et les parties qui lui sont annexées sont posées dans une excavation qui a la forme d'un cône tronqué et qui est revêtue de maçonnerie.

794. Il importe essentiellement que le hérisson soit dans une position parfaitement horizontale, que toutes les parties de la machine soient solidement établies, et qu'elles ne puissent s'ébranler. Il importe aussi que toutes les parties sujettes aux frottemens soient bien polies et soigneusement graissées.

Pompes mues par des chevaux établies à *Châtelaudren*, Pl. XXI, fig. 2 (*a*).

795. B B représente le manége auquel est adapté le boulon A qui communique au tirant horizontal *c* un mouvement de va et vient. Ce mouvement est transmis au balancier D qui élève et abaisse la tige du piston d'une pompe. Pour faciliter et égaliser le mouvement, lorsqu'on n'a qu'un seul tirant de pompe à faire agir, on adapte à la branche du balancier opposée à celle où est suspendu ce tirant, une caisse remplie de matières suffisamment pesantes pour faire le contre-poids nécessaire; mais on peut supprimer cette caisse, comme l'a fait M. *Blavon*, en y substituant un second attirail de pompes disposé de manière que les pistons de celles-ci descendent lorsque ceux des premières remontent.

796. La machine de Châtelaudren avait quatre flèches, chacune de seize pieds de longueur, une seule croix ou balancier, trois répétitions de pompes, chacune de trente pieds de longueur et de dix pouces de diamètre. Le boulon était à trente pouces du pivot; le tirant horizontal avait trente-un pieds de long. Le balancier D, qui communiquait le mouvement du tirant horizontal au piston des pompes, était dépourvu du quart de cercle qui aurait évité l'oscillation du piston surtout dans les premières pompes. Cette machine était mue par quatre chevaux.

797. On doit observer que dans cette machine l'effet du moteur est très-variable, puisque les angles que font les leviers B B, auxquels les chevaux sont appliqués avec le tirant *c*, varient continuellement dans toutes les positions relatives où ils se trouvent; de sorte que, lorsque l'angle est droit, l'effet exercé

(*a*) *Journal des mines*, tom. 1, 3 cahier.

est le plus grand possible ; ensuite il diminue progressivement et devient nul lorsque l'angle est égal à zéro, c'est-à-dire, lorsqu'un des leviers et le tirant se trouvent dans un même plan vertical. Cet inconvénient serait fort grand si on appliquait un seul cheval à cette machine, alors il faudrait nécessairement ou changer la disposition de la machine ; ou y adapter un volant auquel on donnerait une vitesse suffisante au moyen d'un engrenage. L'inconvénient devient moins sensible lorsqu'on y applique plusieurs chevaux. Si on veut en faire agir deux, il ne faut pas les atteler à deux leviers opposés, c'est-à-dire, à deux leviers qui se trouvent sur un même diamètre ; mais on doit les atteler à deux leviers qui fassent angle droit entre eux ; de cette manière, l'un se trouvera dans le point le plus avantageux, lorsque le second sera dans le plus défavorable, *et vice versâ.*

Dans le cas où l'on voudrait employer un volant, on pourra le disposer de la manière indiquée fig. 3. Une pièce de bois circulaire *a a* surmonte les leviers, la roue dentée *b b* est couchée sur cette pièce, et de forts boulons réunissent toutes ces parties. La roue *b b* engrène avec la lanterne *c*, qui est elle-même surmontée par le volant *d d.*

Machine à molettes.

798. Une machine à molettes n'est autre chose qu'un grand treuil vertical à manége, garni d'un tambour d'un grand diamètre, sur lequel des câbles s'enveloppent et se développent en même temps. Ces câbles passent sur de grandes poulies de renvoi qui règlent leur direction, et descendent dans le puits, où ils soutiennent des tonnes, dont l'une remonte remplie de minerai ou d'eau, et l'autre descend à vide. Tout cet appareil est placé dans un hangar qui ordinairement a la forme conique.

799. L'arbre vertical de la machine qui sert de treuil est en

chêne taillé en hexagone, dont le bas est de 28 pouces de diamètre, et est arrondi sur deux pieds de hauteur. Au-dessus de cette partie cylindrique l'arbre n'a que 18 pouces de diamètre, et diminue en continuant jusqu'à 13 pouces. Il a 22 jusqu'à 24 pieds de longueur. Il est dressé à plomb, ainsi que son pivot en forme de cône renversé, et qui est garni en bas d'une espèce d'anneau qui supporte immédiatement le frottement, et peut être changé avec facilité lorsqu'il est trop usé par le frottement. Ce pivot tourne dans une crapaudine en pierre dure.

800. Le tambour est concentrique à l'arbre qui le porte. Il a communément de 18 à 20 pieds de diamètre et 11 pieds de hauteur. Il consiste en trois roues parallèles posées à égale distance l'une au-dessus de l'autre, et cet appareil est revêtu de barreaux parallèles placés à une petite distance l'un de l'autre. Ce tambour doit avoir une solidité suffisante, sans cependant qu'il soit trop pesant, pour ne pas augmenter les frottemens.

801. Les câbles environnent le tambour; on a la précaution d'envelopper sa circonférence d'une longueur de câble d'environ 100 pieds de plus que la quantité qui doit descendre dans le puits, et cela pour affermir le tambour par cette espèce de ceinture, et en outre pour se ménager le moyen d'en déployer une partie lorsqu'il est nécessaire de faire quelque coupure dans la partie inférieure du câble.

802. Depuis le tambour jusqu'au puits on pratique une charpente, garnie de gros rouleaux, destinée à soutenir les deux câbles. A l'autre extrémité de cette charpente, c'est-à-dire, au-dessus du puits se trouvent deux grandes poulies ou *molettes*. Ces poulies, garnies de cercles et de bandages en fer, ont ordinairement quatre à cinq pieds de diamètre, sept pouces d'épaisseur, et la gorge a cinq pouces de large.

803. On attelle quatre ou six chevaux à ces sortes de ma-

chines. Les chevaux font tourner le treuil et conséquemment le tambour; un des câbles qui l'environnent s'enveloppe et élève la tonne qui est suspendue à son extrémité, l'autre se développe et fait descendre la tonne vide. Si le puits a peu de diamètre, les tonnes en montant et en descendant s'entre-choquent entre elles et heurtent les parois du puits; dans ces sortes de cas on préfère les sacs de cuir que nous allons décrire. Mais ces sacs étant moins durables que les tonnes, on emploie ces dernières dans les puits qui ont un diamètre considérable, et surtout dans ceux où les machines à molettes sont destinées au double usage d'extraire le minerai et l'eau des mines.

Sacs de cuir substitués aux tonnes.

804. Les *jalles* ou tonnes ont plusieurs inconvéniens; premièrement celui de leur poids, que les ferrures dont elles sont garnies rendent considérable; deuxièmement, celui d'occasioner par leur chute le dérangement et même la rupture de quelques pièces de la charpente du puits lorsque le câble vient à manquer; enfin, celui d'arrêter les chevaux, tandis que l'on remplit et qu'on vide les jalles.

805. A *Schemnitz*, on a cherché à y remédier en se servant de quatre sacs composés chacun de deux peaux de bœuf; deux sont toujours en chemin, tandis que l'on en vide un au haut du puits et qu'on remplit l'autre dans le fond. Pour ménager les sacs en les remplissant, les ouvriers ont ordre de commencer à mettre dans le fond du minerai fin et en petits morceaux, après quoi ils mettent le gros. Il est à observer que l'on ne pourrait pas se servir de sacs de cuir dans les puits inclinés, parce que le frottement les aurait usés en peu de temps.

Afin d'avoir l'aisance de charger ces sacs aussi facilement que la jalle, on les tire à côté du puits où sont suspendus deux

chaînes : au bout de chacune d'elles est un crochet, et deux anneaux sont solidement attachés aux bords du sac; de cette manière il est tenu ouvert, et même suspendu; on le remplit tandis que l'autre sac monte.

806. Au haut du puits est une corde passée sur une poulie et ensuite sur un treuil mis en mouvement par une petite roue qu'un homme fait tourner; au bout de cette corde est un crochet de fer; aussitôt que le sac est monté, l'on passe ce crochet dans une boucle ou anneau placé à la partie inférieure du sac qui se pose sur le bord du puits. Alors on décroche le sac du câble de la machine à molettes, et l'on y en met un vide; on fait retourner les chevaux en sens contraire pour monter un autre sac ; pendant ce temps on porte l'embouchure du sac plein dans un traîneau en forme de petit chariot à quatre roues; c'est en ce moment qu'un homme appliqué au treuil ci-dessus le fait tourner, afin de soulever la partie inférieure du sac, et de le vider commodément dans le petit chariot; ce travail se fait très-promptement (*a*), et en 7 ou 8 heures (temps que les mêmes chevaux travaillent) ils élèvent 74 sacs de minerai de la profondeur de 444 pieds. Si les puits sont plus ou moins profonds, le nombre des sacs varie. La grande vitesse avec laquelle on les monte vient de ce que l'on donne un très-grand diamètre aux tambours de la machine à molettes. Ils sont de 18 pieds, tant dans la partie inférieure que dans la supérieure; tandis que les bras du levier n'ont que 22 pieds. Chaque sac étant rempli pèse 1500 livres. La machine est mue par 8 chevaux.

807. *Jars* a imaginé une machine à molettes où il a substitué au tambour ordinaire deux grandes fusées, en forme de tronc de cône superposées : cette disposition présente quelques avan-

(*a*) Jars, *Voyages métallurgiques*, tom. III, pag. 145.

tages et spécialement celui de compenser en quelque sorte la variabilité de la résistance, variabilité qui provient du poids du câble qui augmente ou diminue dans les divers points de la course des tonnes en montant et en descendant. Cette méthode a un inconvénient; c'est que le câble, en se roulant vers la partie supérieure du tambour, se chevauche quelquefois; d'où il résulte qu'il donne des secousses qui rompent quelquefois le câble, et produisent la chute des tonnes.

Câbles et chaînes.

808. Les câbles en usage dans les mines sont des grelins (voyez chap. I, du livre IV, § 720 du *Traité des machines employées dans les constructions diverses*) faits avec du chanvre neuf et long. Il y en a de deux grosseurs; les uns sont composés de 192 fils de caret, les autres de 300 fils plus fins. Ils ont 2 $\frac{1}{4}$ pouces ou 2 $\frac{1}{2}$ de diamètre. Chaque toise de longueur pèse de 10 à 11 livres.

Dans les puits secs, on se sert de câbles dans leur état naturel; mais, dans ceux qui sont très-humides, il faut qu'ils soient goudronnés. On a observé que dans les puits secs les câbles peuvent durer trois ou quatre années; mais dans les puits humides ils n'ont qu'une durée d'une année tout au plus.

809. Quand un câble se rompt, ou qu'il devient défectueux dans quelques endroits, on *l'épisse* (voyez le § 42 du chap. II, du liv. I du *Traité du mouvement des fardeaux*), c'est-à-dire, on coupe ce qui est mauvais et on rejoint industrieusement les deux bouts; et, lorsqu'un câble est reconnu hors de service, on le réduit en étoupe que l'on emploie à divers usages.

810. Dans plusieurs mines on fait usage de chaînes de fer au lieu de câbles. Les chaînes ont communément une plus grande durée que les câbles; mais elles sont sujettes à plusieurs

inconvéniens graves. 1°. Les réparations qu'elles exigent sont très-coûteuses; 2°. les ruptures sont plus fréquentes; 3°. souvent la chaîne, en se rompant, tombe dans les puits de grande profondeur et se casse presqu'entièrement; 4°. elle cause dans sa chute des dégâts considérables au boisage des puits, et enfin son grand poids est très-nuisible à l'extraction, puisque, pour qu'elle ait une force suffisante, il faut qu'elle pèse au moins le double des câbles; on est conséquemment obligé d'atteler plus de chevaux à la machine, et lorsque les mines sont très-profondes, son poids devient si considérable qu'il arrive non-seulement beaucoup de ruptures, mais que l'extraction est très-pénible et très-chère.

811. Il est cependant des cas où les chaînes peuvent être utilement employées, comme par exemple dans les puits obliques qui n'ont pas une trop grande profondeur.

812. On doit observer dans les machines à molettes que la charge varie à tout moment, à cause du poids du câble ou de la chaîne, qui se fait sentir plus ou moins dans les diverses positions où se trouvent les tonnes ou les sacs dans le puits lorsque la machine est en mouvement. On a imaginé divers moyens pour remédier à cet inconvénient. Nous avons indiqué dans le *Traité de la composition des Machines*, § 801 et suivans, quelques méthodes ingénieuses employées à cet effet. Dans le chapitre suivant nous reviendrons sur cet article important en parlant des baritels à eau.

CHAPITRE III.

Machines mues par l'eau, en usage dans les mines.

813. TROIS méthodes sont en usage dans les mines pour mettre en mouvement les système de pompe, dans les épuisemens, ou bien les baritels dans l'extraction du minerai. Ces trois méthodes sont les roues hydrauliques, les machines à colonne d'eau, les machines à compression d'air.

Roues hydrauliques.

814. La plupart des roues hydrauliques employées dans les travaux des mines sont construites en bois; mais, en Angleterre et en Allemagne dans le pays de la Marck, plusieurs de ces roues de grandes dimensions sont construites en fonte de fer.

815. Les roues destinées à mouvoir les machines à molettes doivent être construites de telle sorte, que l'on puisse les faire tourner tantôt dans un sens et tantôt dans un sens contraire. A cet effet la roue porte deux rangs d'augets contigus; ces augets, séparés par une cloison intermédiaire, parallèle aux faces latérales de la roue, sont inclinés en sens contraire.

816. Un canal qui conduit l'eau motrice, passe au-dessus de la roue; il a deux ouvertures, dont chacune correspond à l'un des rangs d'augets. Ainsi, lorsque la première est ouverte, l'eau tombe, par exemple, dans les augets inclinés vers la droite, et la roue tourne dans le sens correspondant; à l'opposé la roue tourne dans l'autre sens quand la seconde ouverture est ouverte et la première fermée.

Baritel à eau, Pl. XXVI, fig. 1.

817. La roue dont nous venons de parler est représentée en *a a*, fig. 1, laquelle indique le plan d'un baritel à eau, c'est-à-dire, d'une machine à molettes mue par une chute d'eau. Cette machine, une des plus importantes dont on fasse usage dans les exploitations des mines, contient trois parties remarquables: 1°. la roue qui reçoit l'action immédiate de l'eau motrice; 2° le *frein* ou *modérateur*; 3°. le tambour à double cône.

Roues.

818. La roue *a a*, qui a 36 ou 40 pieds de diamètre, ne diffère des roues à pots ordinaires que par sa triple courbe et sa double rangée de godets, dont une reçoit l'eau d'un côté, et l'autre la reçoit du côté opposé; ce qui fait qu'elle peut être considérée comme deux roues superposées, dont l'une est destinée à tourner de droite à gauche, et l'autre de gauche à droite. L'armature ou charpente qui réunit le contour de la roue à l'axe, est formée de deux parties semblables, dont chacune est composée de huit *croisées* principales, construites par des pièces parallèles deux à deux qui embrassent l'arbre dont la forme est octogone. D'autres pièces secondaires lient et affermissent ces *croisées*.

819. Les courbes des godets ont communément 9 pouces de hauteur; les cloisons qui forment les godets sont éloignées de 15 à 17 pouces; l'épaisseur des courbes extérieures est de 4 pouces, celle du milieu est de 5 pouces. Une roue de 36 pieds a 104 godets. L'arbre de la roue a de 30 jusqu'à 32 pieds de longueur, 32 pouces de grosseur dans la partie sur laquelle l'eau tombe continuellement, et 28 pouces dans la partie sèche.

820. Au-dessus de la roue est placé le coursier qui conduit

l'eau destinée à la faire agir. Ce coursier a deux trous, dont l'un porte l'eau sur le quatrième god et d'un côté de la roue, et l'autre la porte sur le côté opposé, pour faire tourner la roue à contre-sens. Chacune de ces ouvertures doit être disposée de manière à pouvoir être ouverte tantôt plus, tantôt moins, de tel côté qu'on juge à propos. Pour obtenir cet effet, on emploie indifféremment l'un des trois moyens suivans : on se sert, 1°. d'un *bondon* de bois en forme de cône tronqué; 2°. d'une plaque de bronze mobile autour d'une charnière; 3°. d'une sorte de piston également en bronze qui s'approchant plus ou moins d'une plaque, dans laquelle il y a une ouverture, peut la boucher plus ou moins complétement.

821. Quelle que soit la méthode que l'on adopte, on met en mouvement les parties destinées à fermer les ouvertures, à l'aide d'un levier.

Frein ou modérateur.

822. Le frein représenté fig. 2 (Pl. XXVI) est une roue *b b* adaptée à l'arbre de la grande roue à godets *a a;* la roue du frein est placée hors de la cage de la grande roue. Ordinairement on donne à son diamètre la moitié de la longueur de celui de cette dernière. Au-dessus et au-dessous de la roue il y a des solives longitudinales *h k*, mobiles sur les axes *i i*. La chaîne *m m* aboutit par l'intermédiaire de la tringle *r* à la solive *k*, passe sur la poulie *p*, et redescend s'attacher à la tringle *x* qui communique avec le levier *l l*. On adapte des secteurs *s s* aux solives.

823. Une tige *y y* descend de la solive supérieure *h*, et s'adapte à la solive *k*. Le levier *l l* s'appuie à son extrémité contre des chevilles en fer qui servent à le fixer dans la position où l'on veut qu'il demeure. Si on pousse le levier vers le bas, la solive supérieure se baisse, l'inférieure s'élève,

et toutes les deux contribuent à serrer fortement la roue *b b* pour arrêter la machine. Quand au contraire on relève ce levier, la solive inférieure se baisse; et pour cet effet on la charge de pierres; en même temps la solive supérieure s'élève, et la roue se trouvant dégagée de tout obstacle, la machine peut se mouvoir librement.

824. Ce frein est trop compliqué; on obtient le même effet par une construction plus simple, en produisant une compression sur la roue à godets même; cette compression s'exécute de la manière suivante : que l'on imagine un coin fixé à quelque distance de la circonférence de la roue, et qu'une pièce de bois verticale, suspendue à un levier, porte un coin semblable, mais placé en sens contraire; on conçoit aisément que, si au moyen du levier on fait abaisser la pièce de bois, ou bien si on la relève, on la fera dévier ou rapprocher de sa perpendicularité : ainsi on la rapprochera ou on l'éloignera de la roue. Par ce moyen on peut tellement la rapprocher que son frottement soit suffisant pour détruire le mouvement de la roue. On conçoit également que si du côté opposé on place une autre pièce semblable garnie d'un coin qui, comme la précédente, se combine avec un coin fixe, et que si les deux pièces de bois sont liées entre elles à leur sommité par un tirant, on pourra avec le même levier faire agir l'une et l'autre pour que l'effet soit plus certain. Ainsi toutes les fois que l'on abaisse le levier, on remonte les pièces qui, repoussées par les coins contre la roue, la compriment et l'arrêtent; et au contraire, quand on relève le levier, on fait redescendre ces mêmes pièces qui, en s'éloignant de plus en plus de la roue, cessent de la comprimer, et d'empêcher son libre mouvement.

Tambour et baritel.

825. On voit fig. 1 que le tambour ou baritel A B est com-

posé de deux troncs de cône réunis sur un même axe du côté de leur grande base. Cette forme produit une sorte de compensation à la variabilité de résistance produite par l'allongement et le raccourcissement des câbles; sur chaque portion du tambour le câble commence à s'enrouler du côté qui a le moindre diamètre, dans le moment où, la tonne étant à la plus grande profondeur, le câble agit par tout son poids; au fur et à mesure que la tonne monte, le câble se loge sur une partie qui a un plus grand diamètre, et qui conséquemment compense par un plus grand levier la diminution du poids.

La longueur ainsi que le diamètre du tambour doivent se régler d'après la profondeur des puits et la quantité de câble qu'il doit contenir. Il y en a qui ont 16 ou 18 pieds de longueur, et dont le plus grand diamètre a 15 ou 16 pieds, et le petit 8 à 10 pieds.

826. Ces tambours sont composés de trois cintres circulaires appelés *larmiers*, dont chacun est composé de courbes circulaires assemblées par des croix; le tambour est couvert de barreaux en bois sur lesquels les câbles s'enveloppent. Pour empêcher que les câbles ne glissent hors du tambour, on place des rebords aux deux extrémités.

827. Quand une tonne ou bien un sac rempli de minerai est parvenu au sommet du puits, on ferme la vanne, ou pour mieux dire, la bonde de l'ouverture par où l'eau motrice tombe dans les godets, afin que la machine s'arrête pendant le temps nécessaire pour décrocher la tonne pleine et en accrocher une vide; mais comme la roue continue à se mouvoir, après la fermeture de la bonde à cause de son inertie ou de sa tendance à persévérer dans le mouvement qui lui avait été précédemment communiqué; et que d'autre part, il existe encore de l'eau dans les godets qui n'ont pas eu le temps de se décharger complétement; et que ces

deux causes pourraient contribuer à faire faire quelques tours de trop à la roue, effet qui ne pourrait avoir lieu sans inconvénient, il a fallu trouver un moyen d'arrêter la roue, ni trop tôt, ni trop tard, mais précisément au moment où la tonne est parvenue à la hauteur convenable pour être décrochée, et l'on a imaginé à cet effet les freins et les modérateurs que nous avons indiqués (822 et suiv.).

Delius rapporte, dans son excellent ouvrage sur l'exploitation des mines, ouvrage d'où nous avons extrait plusieurs des détails contenus dans ce livre, qu'un baritel à eau établi à *Schemnitz*, et construit suivant les méthodes que nous venons d'indiquer, consommait 80,000 seaux d'eau du poids d'environ 90 à 100 livres chaque, en 24 heures; que la grande roue faisait cinq tours par minute, et que la charge à élever était d'environ 2600 livres, à une profondeur de 150 toises.

Machines de *Kongsberg*, Pl. XIX, fig. 1 et 2.

828. Cette machine, exécutée aux mines d'argent de Kongsberg en Norwége, a été décrite par *Jars* dans son *Voyage métallurgique*, tome II, pages 111 et 580. Elle fait agir des pompes et en même temps elle élève des tonnes chargées de minerai. Elle est mue par une grande roue à augets *s s* qui reçoit l'eau en-dessus par le canal *t t*. Les mines n'étant pas profondes, et les puits étant fort rapprochés les uns des autres, la même roue *s s* suffit pour mettre en mouvement à la fois toutes les machines adaptées à ces divers puits. Le mécanisme qui correspond à chaque puits est à peu près semblable.

Chaque puits est divisé en deux parties égales, dont l'une sert pour l'extraction du minerai, et l'autre pour le service des pompes. On a placé à côté de son embouchure un tambour horizontal *e e* sur lequel s'enveloppent les chaînes. A son axe

est assujettie une lanterne garnie de six fuseaux de fer *p p* distans d'un pied l'un de l'autre. Les deux balanciers *ff* portent chacun une tige de fer *d d*, terminée par un crochet à l'aide duquel il se fait alternativement un engrenage sur la lanterne pour la faire tourner, et pour faire tourner en même temps le tambour *e e*; d'où il résulte que l'une des deux chaînes qui entoure le tambour se développe et fait descendre une tonne *k*, et l'autre s'enveloppe et fait monter une seconde tonne chargée de minerai. Chacune de ces chaînes passe sur une poulie ou molette *y*. Lorsqu'une tonne pleine de minerai est arrivée au sommet de sa course, un ouvrier la décroche tandis qu'un autre en accroche une vide, et ainsi alternativement. On arrête la machine à molettes par le moyen des leviers *x x*, qui par une chaîne correspondante lèvent les tiges à crochets *d d*, et les empêchent d'engrener avec la lanterne. Cette machine est en outre pourvue d'un frein composé à l'ordinaire d'une roue *c*, enveloppée d'une courbe élastique que l'on serre ou que l'on desserre au moyen d'un levier *o*.

829. La roue *s s* transmet le mouvement aux pompes *m m* et à la machine à molettes par l'intermédaire des tirants à bascule *n n*, qui d'un côté agissent sur les balanciers *r r* au moyen des croix *v v*; et de l'autre ils mettent en mouvement les tirants verticaux des pompes *m m*, par la tige *g* qui agit sur la chaîne *i*, soutenue par une grande poulie ou molette.

Pompes mues par des roues à godets.

830. On trouve, dans le 21ème. volume du *Journal des Mines*, deux Mémoires intéressans de M. *Daubuisson*, qui contiennent des détails descriptifs des machines hydrauliques employées à la mine de plomb de Poullaouen, et des expériences curieuses faites sur ces machines par MM. *Daubuisson* et

Blavon-Duchesne. Les détails suivans sont extraits de ces Mémoires.

831. Les machines destinées à l'épuisement des eaux de la mine de Poullaouen sont de grandes roues hydrauliques mues par le poids de l'eau; à l'aide de manivelles et de tirants horizontaux, elles communiquent, par l'intermède de leviers angulaires, le mouvement à d'autres tirants verticaux placés dans les puits, et qui font mouvoir les pistons des pompes disposées les unes au-dessus des autres, depuis la galerie d'écoulement jusqu'au fond.

832. Les roues sont en bois de chêne, excepté les planches des augets qui sont en sapin. Elles sont entièrement à découvert, et sont souvent endommagées par les glaces. Pour prévenir les accidens, on a revêtu d'une doublure la courbe (ou surface cylindrique) qui forme le fond des augets. Les joues ou *couronnes* portent également tout à l'entour, et en dehors, une doublure d'environ 3 à 4 centimètres d'épaisseur; elle a dispensé de placer des pièces sur les joints de la couronne, dont elle augmente la solidité; en donnant en outre plus de poids à cette partie de la roue, elle lui fait faire l'office du volant, et maintient davantage l'uniformité du mouvement.

833. Les manivelles sont en fonte et de forme ordinaire. Les tirants sont faits de pièces de bois de chêne d'environ 8 mètres de long, et de 16 sur 22 centimètres d'équarrissage; leur extrémité est taillée en biseau de 1 mètre de long et garnie d'entailles. Lorsqu'on les assemble, on met les biseaux des pièces voisines l'un sur l'autre, de manière que les entailles s'emboîtent bien l'une dans l'autre, et ensuite l'on place sur les joints deux ou quatre platines de fer ayant 1,$^{\text{mèt.}}$ 62 de long, 0,$^{\text{mèt.}}$ 02 de large et 0,007 d'épaisseur : on les assujettit par cinq ou six boulons. Les tirants verticaux sont contenus de distance en distance entre

des rouleaux; ils portent de 10 en 10 mètres, vis-à-vis chaque pompe, un bras en fer convenablement assujetti dans l'extrémité duquel entre l'anneau qui termine la tige de chaque piston. Cette tige est en fer, le piston est en bois garni de cuirs tout autour, et recouvert d'une soupape ou clapet formé de pièces de cuir et d'une rondelle de tôle de 15 centimètres de diamètre.

834. Les pompes sont aspirantes; elles ont à peu près 10 mètres de long. Le corps de pompe est en fonte et a 1,$^{mèt.}$ 62 de long; son diamètre varie de 0$^{mèt.}$ 25 à 0$^{mèt.}$ 33. Au-dessus est un tuyau en bois de même diamètre, et de 0$^{mèt.}$ 6 à 0$^{mèt.}$ 7 seulement de long. Au-dessous en est un semblable, dans lequel se trouve la soupape qui sépare le corps de pompe du tuyau d'aspiration : elle est percée latéralement d'un trou que l'on ferme à l'aide d'un tampon, et que l'on débouche lorsqu'on veut changer ou renouveler la soupape. Le tuyau d'aspiration a 0$^{mèt.}$ 135 de diamètre dans les pompes de 0$^{mèt.}$ 325, et 0$^{mèt.}$ 12 dans celles qui sont plus petites. Il est composé de 3 pièces, la première n'a que 1 mètre; et chacune des deux autres en a 3$^{mèt.}$ 25 : ce qui fait 7$^{mèt.}$ 5 de long : et 10$^{mèt.}$ 4 pour toute la longueur de la pompe.

835. Les réservoirs sont de petites caisses d'environ 3 à 4 décimètres de large et autant de profondeur : ils reçoivent l'eau de la pompe qui est au-dessous de celles dont ils contiennent l'extrémité inférieure. Chacun d'eux a un réservoir auquel est adapté un tuyau par lequel le trop-plein, lorsqu'il y en a, descend dans le bassin inférieur; de sorte que, lorsqu'une pompe n'élève pas toute l'eau qui lui est apportée par la pompe qui est au-dessous, l'excès, au lieu de se répandre, et de tomber dans le puits, suit le tuyau et revient au bassin inférieur.

836. Les expériences faites sur la plus grande de ces machines, dont la roue garnie de 92 godets avait 11$^{mèt.}$ 37 de diamètre,

ont donné pour résultat que, cette roue recevant 4$^{\text{mèt.}}$ 8 cubes d'eau motrice, la machine élevait 0$^{\text{mèt.}}$ 4767 à une hauteur de 65$^{\text{mèt.}}$ 52; et que les produits des deux quantités d'eau par les hauteurs des chutes sont dans le rapport de 100 à 57.

Machines à colonne d'eau.

837. Les machines à colonne d'eau, dont nous avons donné la description dans le Chapitre V du livre I, § 269 et suivans, est préférable aux roues hydrauliques lorsque la hauteur de la chute d'eau est considérable; et l'expérience a démontré qu'en pareil cas elles n'exigent, pour produire le même effet, qu'une quantité d'eau bien moindre. Un grand nombre de ces machines sont présentement établies en Hongrie, en Bohème, en Carinthie et en Bavière.

838. Dans les mines on établit les machines à colonne d'eau au niveau de la galerie d'écoulement, et on fait tomber sur ces machines les eaux qui s'écoulent sur le penchant de la montagne : ou bien, s'il existe deux galeries d'écoulement l'une au-dessus de l'autre, on établit une machine dans une galerie inférieure pour metre à profit les eaux de la galerie supérieure.

839. Les premières machines à colonne d'eau que l'on construisit étaient à simple pression, c'est-à-dire, l'eau n'agissait que pour élever le piston *récepteur* et un contre-poids le faisait descendre : telle était la machine que nous avons décrite (269 et suiv.). On a dû remarquer que cette machine a beaucoup d'analogie avec la machine à vapeur à simple effet. Dans l'une et dans l'autre, le jeu de la machine est déterminé par l'ouverture et la fermeture alternative de deux soupapes, dont l'une met en communication l'intérieur du cylindre avec le fluide ou bien avec la vapeur, et ensuite elle interdit cette communication en se fermant; alors la seconde soupape s'ouvre pour laisser écouler le fluide ou la

vapeur qui précédemment a élevé le piston par la pression exercée contre ce corps mobile qui, ne trouvant plus d'opposition à sa descente, l'effectue en vertu des contre-poids qui le repoussent dans ce sens.

840. Cette méthode essentiellement vicieuse oblige d'employer, pour mettre en mouvement la machine, une force double de celle que la résistance exige; puisque, pour élever le piston, il faut mouvoir, outre la résistance, le contre-poids qui doit agir sur cette même résistance lors de la descente du piston.

841. Après que l'on eut inventé la machine à vapeur à double effet, qui, exempte de l'inconvénient que nous venons de signaler, avait produit une économie très-considérable dans la consommation de la force motrice, on appliqua cette importante amélioration aux machines à colonne d'eau.

842. Ces machines ainsi perfectionnées ont quatre soupapes au lieu de deux. Ces soupapes sont ouvertes et fermées par un régulateur dépendant du jeu même de la machine. Ce régulateur est construit à l'instar de ceux des machines à vapeur, que nous avons décrits dans le *Traité de la composition des Machines*, livre V, Chap. II, § 850 et suivans, il est destiné à ouvrir et à fermer diagonalement les soupapes; s'il ouvre, par exemple, la soupape d'en haut qui admet l'eau destinée à comprimer le piston pour le faire descendre, en même temps il ouvre la soupape d'en bas pour donner issue à l'eau qui a fait monter le piston, et il ferme les deux autres soupapes. Lorsque le piston est arrivé à la fin de sa course en descendant, le régulateur ferme les soupapes qu'il avait d'abord ouvertes, ouvre celles qu'il avait fermées, et le piston remonte, ainsi de suite.

Les machines où l'eau agit sur le piston du cylindre principal,

alternativement par-dessous et par-dessus, sont moins volumineuses que celles à simple effet; conséquemment elles produisent une diminution notable des frais de construction, et leur établissement exige moins d'espace.

843. On peut aussi faire agir deux machines à simple effet sur un système de pompes, et combiner leur mouvement de telle sorte qu'elles puissent produire le même résultat qu'une machine à double effet.

844. M. de *Villefosse* a décrit dans son bel ouvrage (*a*) une combinaison de cette espèce, projetée il y a quelques années par M. *Baldauf*, machiniste des mines de Freyberg.

845. L'objet de cette machine était de mettre en mouvement, dans un puits incliné, deux équipages alternatifs de pompes d'épuisement. La profondeur totale de la mine où elle devait être établie, était de 230 toises au-dessous de la surface du terrain; il s'agissait d'élever les eaux souterraines jusqu'au niveau d'une galerie d'écoulement sur laquelle la machine aurait été établie.

846. Une des plus mémorables applications qui aient été faites de la machine à colonne d'eau est sans contredit celle qui a eu pour objet d'élever les eaux salées de Reichenhall, pour les envoyer à Rosenheim en Bavière. La distance qui sépare ces deux endroits est de 21 lieues; *Rosenheim* est élevé de 250 pieds au-dessus de *Reichenhall*, mais entre les deux il se trouve de hautes montagnes. Il faut monter de 2301 pieds à diverses reprises, et redescendre de 2051 pieds en totalité. On franchit ainsi la différence de niveau indiquée de 250 pieds.

847. Les motifs qui ont déterminé l'exécution de ce plan gigan-

---

(a) *Richesse minérale*, tome 3, page 121 et suiv.

tesque, sont la rareté et le haut prix du combustible à Reichenhall, et l'abondance de ce produit à Rosenheim.

848. Pour élever les eaux salées à la hauteur où elles doivent parvenir, avant d'arriver à Rosenheim, onze machines d'épuisement sont établies en onze stations ou reprises, sur l'espace à parcourir. Trois de ces machines présentent des pompes foulantes qui sont mises en activité par des roues hydrauliques; les huit autres sont des machines à colonne d'eau construites d'après les dessins de M. de *Reichenbach*.

849. Ces machines sont mues par les courans d'eaux qui parcouraient le penchant de la montagne, et que l'on a dirigés vers les réservoirs destinés à les alimenter. Ces machines mettent en mouvement deux pompes aspirantes-foulantes.

Détails de constructions relatifs aux roues hydrauliques, et aux tirailles employées dans les mines pour transmettre le mouvement aux systèmes de pompes.

Roues.

850. La plupart des roues employées dans les mines sont à augets, et agissent par le poids de l'eau versée successivement dans ces augets. Chaque roue est placée dans une cage faite en charpente ou en maçonnerie. Lorsqu'on adopte cette dernière méthode qui est celle qui offre le plus de solidité, on doit chercher à prévenir les infiltrations sous les murs et entre les joints des pierres. A cet effet, avant d'établir les fondations des murs on creuse jusqu'au bon terrain, on établit sur ce bon terrain convenablement nivelé un corroi de terre glaise bien foulé; puis on pose des solives transversales qui embrassent toute la largeur de la cage et s'étendent sous les murs qui doivent être construits, autant qu'il est possible, de grosses pierres bien appareillées. Le *radier* de la cage est établi sur les solives dont nous

venons de parler; on les couvre de madriers soigneusement calfatés avec des étoupes ou de la mousse, et en outre des liteaux sont cloués sur toutes les fentes. Les faces intérieures des murs sont recouvertes jusqu'à une certaine hauteur de madriers qui se clouent à des traverses de bois insérées à cet effet dans le mur.

851. L'arbre de la roue ne repose pas immédiatement sur la maçonnerie, mais sur des sommiers en chêne; c'est dans ces sommiers que sont encastrées les crapaudines qui sont de fer, de bronze, ou bien d'une pierre dure et homogène.

Il importe essentiellement que l'arbre soit exactement horizontal, et qu'il forme un angle droit avec la cage de la roue. L'arbre est ordinairement en sapin, il a huit pieds de long, et vingt-huit pouces d'épaisseur; son milieu est carré, et ses deux extrémités sont arrondies. Les tourillons doivent être insérés dans l'arbre d'une manière inamovible; à cet effet la partie qui doit entrer dans le bois doit avoir la forme d'une plaque de même largeur que le diamètre de l'arbre, de vingt pouces de longueur sur deux d'epaisseur: on l'encastre dans une entaille faite dans l'arbre, qu'on environne de trois cercles dont chacun a trois pouces de large et un demi-pouce d'épaisseur. Le tourillon a 7 ou 8 pouces de diamètre.

852. Le contour de la roue, c'est-à-dire, la partie qui contient les godets, est composée de deux cercles qui ont neuf à dix pouces de largeur et 3 pouces d'épaisseur. Chacun de ces cercles contient 14 ou 16 courbes assemblées à denture. Une roue de 36 pieds de diamètre a ordinairement de 96 jusqu'à 104 godets, qui se tracent de la manière suivante: on divise la largeur des cercles en trois parties; la première en bas indique l'emplacement des fonds des godets, et ces fonds suivent la direction des rayons tirés du centre de la roue; les cloisons obliques des godets font avec le fond un angle de 110 ou de 120 degrés. Les fonds et les

cloisons obliques des godets sont entaillés dans les cercles d'un pouce de profondeur.

853. Les deux *armatures* parallèles qui soutiennent le contour de la roue sont ordinairement composées chacune de huit bras croisés autour de l'arbre. Ils ont huit pouces de largeur auprès de l'arbre, et six d'épaisseur, et seulement six pouces sur quatre et demi à leurs extrémités. Toutes ces pièces sont de chêne. Pour ne pas trop les affaiblir dans leurs points d'intersection par des entailles trop profondes on a soin de les couvrir dans les parties correspondantes à ces points par des pièces secondaires qui font l'office de moises.

854. Un des tourillons de la roue porte une manivelle dont le bras, qui est perpendiculaire au tourillon, a de 18 à 23 pouces de longueur et est terminé par une anse à laquelle est adapté le tirant principal qui doit transmettre le mouvement à la machine. Il y a dans cette partie, qui est cylindrique et qui fait angle droit avec le bras, un trou dans lequel on met une goupille pour fixer le tirant. Quelquefois la roue porte une manivelle à chacun de ses tourillons.

855. Les roues hydrauliques s'établissent non-seulement à la superficie, mais encore dans l'intérieur des mines; dans ce cas on peut en placer plusieurs de façon que l'eau puisse tomber de l'une sur l'autre; pour les établir on fait des excavations que l'on boise, et l'on pratique une galerie de décharge par où l'eau, après avoir agi sur les roues, puisse s'écouler. On augmente la masse d'eau motrice qui agit sur ces roues de toute celle qui coule dans les passages et galeries supérieures que l'on dirige vers le lieu où elles sont établies.

Tirailles.

856. On appelle ainsi un système de balanciers, de tirants et

de varlets destinés à transmettre le mouvement depuis la roue qui reçoit l'action du moteur jusqu'au système des pompes, qui quelquefois est placé à un éloignement de deux ou trois mille pieds.

857. Une tiraille doit être tellement contruite qu'elle puisse produire tous les changemens de direction nécessaires soit dans le sens horizontal, soit dans le sens vertical. On ne peut se dissimuler qu'un tel assemblage ne produise des frottemens considérables, en absorbant une grande partie de la force motrice. M. *Baader* a imaginé de transmettre le mouvement à de grandes distances par l'intermédiaire d'une colonne d'eau ; ce moyen ingénieux que nous avons décrit dans le *Traité de la composition des machines*, § 650 et suivans, pourrait être, en certaines circonstances, employé de préférence aux tirailles. Il est cependant un grand nombre d'autres cas où, ayant à sa disposition une force motrice exubérante les tirailles sont plus convenables par la facilité de les exécuter, de les établir, et de les déplacer lorsqu'il le faut. L'ancienne machine de *Marly* présentait un grand système de tiraille analogue à celui dont nous allons nous occuper. Les lecteurs qui désireraient connaître cette machine célèbre par ses grandes dimensions, et les diverses autres machines qui ont été proposées en substitution, doivent consulter l'ouvrage intitulé *Rapport sur la machine de Marly, par* MM. de Prony *et* Molard.

858. (Pl. XXVII, fig. 7, 8 et 9). Un équipage de tiraille contient un certain nombre de *bras* ou *balanciers m*, de barres *n* et de supports *o*. Le nombre de chacune de ces parties augmente en même proportion que la longueur de l'équipage.

Supports.

859. Les supports placés à la distance de 12 à 18 pieds l'un

de l'autre sont composés de deux montans parallèles *h h*, fig. 7, réunis par le chapeau *d* et contre-buttés en bas par des jambes de force *c c c c*. Le chapeau soutient les têtes de quatre solives *b b b b*, supportant un plancher qui donne la facilité de visiter, de graisser et de réparer les parties hautes de l'équipage.

Ces supports doivent être posés en terre sur des solives et sur des traverses bien assemblées. Il faut que leurs dimensions soient bien proportionnées pour que les barres puissent agir en ligne droite, soit en montant, soit en descendant; sans cette précaution, il en résulterait des ruptures.

Balanciers secondaires.

860. Les balanciers ont à remplir le double emploi de soutenir les barres et de leur transmettre un mouvement alternatif. Ils ont ordinairement douze pieds de longueur, dix pouces de largeur et quatre d'épaisseur; leurs extrémités sont terminées par des pièces de hêtre de seize pouces de long sur six de large, elles sont mortaisées. Ils ont un essieu de deux pieds de long qui se meut dans des crapaudines adaptées sur les solives des supports. Les balanciers sont ordinairement éloignés de 24 pieds. Le bras supérieur porte une semelle *f* placée dans une mortaise, et c'est sur cette semelle et dans cette mortaise que se meut l'une des barres de la tiraille. Une semblable semelle est adaptée à l'autre barre parallèle et sous cette semelle se trouve un rouleau *g*.

Barres.

861. Les barres *r r*, fig. 9 (Pl. XXVII) sont en bois de sapin de quatre pouces sur cinq d'équarrissage. La réunion des pièces qui composent les barres se fait de la manière indiquée en *a a*; le bout de chacune des pièces est taillé à échancrures pareilles, et des frettes de fer les réunissent.

Grands balanciers.

862. Les tirailles ont à leurs extrémités des balanciers plus forts que ceux qui sont placés entre les deux bouts; on les désigne sous le nom de grands balanciers.

Un grand balancier a ordinairement 13 pieds de longueur, et 14 pouces sur 10 d'équarrissage. Son milieu est traversé par un fort essieu de fer mobile dans des crapaudines; ses deux extrémités sont mortaisées pour recevoir les bouts des tirailles qui sont terminées par des étriers en fer semblables à celui représenté fig. 5, Pl. XXVII. Aux deux côtés extérieurs de chaque mortaise des balanciers on adapte deux plaques de fer percées de plusieurs trous, dans l'un desquels se fixe le boulon qui entre dans l'anneau qui termine l'étrier. Ces trous servent à un autre usage, ils reçoivent le boulon de l'étrier du tirant intermédiaire entre la manivelle de la roue à godets et le grand balancier, c'est-à-dire, du tirant qui transmet le mouvement de cette roue à la tiraille.

Tirant principal.

683. Ce tirant que nous venons d'indiquer est une longue pièce de bois, dont la tête a 14 pouces sur huit d'équarrissage; cette tête est garnie d'une boîte de fer qui reçoit l'anse de la manivelle; elle est fortifiée par des lames de fer longitudinales et par plusieurs frettes. Le tirant diminue de grosseur en s'approchant de l'autre extrémité qui est garnie d'un étrier construit à l'instar de celui qu'on voit fig. 5.

864. Il faut que la longueur du tirant ait un rapport déterminé avec celle de la manivelle; car on a reconnu que, s'il était trop court, il communiquerait au balancier un mouvement très-irrégulier, d'où il résulterait des secousses. Il paraît

que la proportion la plus convenable est celle qui donne au tirant treize fois la longueur du bras de la manivelle. Le tirant qui a cette longueur ne s'éloigne pas trop de la ligne horizontale au moment des levées et des descentes les plus grandes de la manivelle. Il est indubitable que ce but serait plus complétement atteint si le tirant était plus long; mais d'un autre côté il en résulterait de graves inconvéniens; le tirant se plierait et se déjetterait avec facilité, la manivelle en serait excessivement surchargée, et conséquemment plus sujette à se casser.

865. Nous avons dit (863) que les plaques latérales adaptées aux mortaises des grands balanciers avaient plusieurs trous; ces trous donnent la facilité d'augmenter ou de diminuer la levée de la machine; ainsi l'arc de cercle décrit par le point de réunion du tirant et du balancier est plus ou moins grand suivant qu'il est plus ou moins éloigné ou rapproché du centre par la position du boulon dans le trou convenable.

866. Les tirailles ne peuvent pas toujours être construites en ligne directe; souvent elles sont obligées de dévier ou dans le sens horizontal, ou dans le sens vertical. Dans le premier cas on se sert de balanciers en forme de croix; dans le second on se sert de varlets ou balanciers angulaires.

Balanciers croisés.

867. Les balanciers croisés sont de deux sortes, à angles droits, ou à angles obtus, les premiers sont employés lorsque les changemens de direction sont perpendiculaires, les seconds peuvent servir dans tous les autres cas.

868. Si le tirant principal doit transmettre le mouvement à une tiraille inclinée suivant un degré quelconque d'obliquité, le grand balancier sur lequel elle agira sera croisé, de telle sorte que l'une des branches de la croix sera parallèle au bras de la mani-

velle; lorsque l'un et l'autre seront dans une position verticale, la seconde branche de la croix sera alors exactement perpendiculaire à la ligne qui indique l'inclinaison de la tiraille. Il importe que ces angles soient déterminés avec une scrupuleuse exactitude si l'on veut éviter des ruptures et d'énormes pertes de forces.

869. On établit de semblables croix dans tous les lieux où l'inclinaison de la tiraille doit varier soit en montant, soit en descendant; on doit aussi en établir à l'extrémité de la tiraille, vers le puits, lorsque la tiraille n'aboutit pas dans une direction horizontale.

Varlets.

870. Les varlets, ou balanciers angulaires (Pl. XXVII, fig. 9), sont composés d'un arbre vertical *a* dans lequel on insère les deux bras *b*, *b* qui font entre-eux un angle déterminé par les changemens de direction que les tirailles doivent éprouver dans le sens horizontal. Ces deux bras sont mortaisés aux extrémités, comme dans les balanciers verticaux, et les extrémités des barres y sont insérées de la même manière. Les bras sont réunis entre eux par une barre de fer *d* qui leur interdit tout écartement.

871. Au moyen des balanciers croisés et des varlets, on peut transmettre le mouvement dans tous les sens, et suivre toutes les directions des montagnes et des vallons. Mais il est des cas où il faut transmettre le mouvement dans des approfondissemens éloignés, et faire agir des tirailles dans des galeries de passage; alors les tirants se combinent avec des arbres horizontaux plus ou moins longs, et on les conduit ou sur une ligne simple, ou sur une double, jusqu'à l'endroit nécessaire.

Balanciers à secteurs, Pl. XXI, fig. 4.

872. On établit au-dessus des puits des balanciers à secteurs, lesquels doivent correspondre bien exactement aux tirants des systèmes de pompes, et dont l'objet est de maintenir les tirants dans la ligne verticale pendant leur travail.

873. Ces balanciers consistent ordinairement en une pièce horizontale longue de 12 pieds, traversée par un axe tournant à la moitié de sa longueur ; au-dessus de cet axe s'élève à angle droit une pièce verticale longue de 6 pieds dont la tête est mortaisée et garnie de bandes et de cercles. On y adapte des plaques trouées dans lesquelles entrent les boulons destinés à réunir ces secteurs aux tirailles. A l'extrémité de la pièce horizontale, du côté du puits, est adapté un secteur de six pieds de hauteur sur lequel passe une très-forte chaîne construite à l'instar de celles des montres, c'est à cette chaîne que l'on suspend le tirant vertical qui met en mouvement les tiges des pistons du système des pompes.

Articulations sphériques appliquées aux tirailles.

874. On appelle articulation sphérique une boule renfermée entre deux cavités demi-sphériques que l'on peut rapprocher plus ou moins à l'aide de boulons à écrou. Cette disposition permet à l'articulation d'avoir des mouvemens dans tous les sens ; ce qui est très-utile dans les tirailles pour éviter les frottemens énormes et les ruptures qui ont lieu lorsque les articulations résistent avec trop de raideur aux secousses irrégulières, aux chocs instantanés et aux soubresauts.

875. Depuis quelques années on a substitué aux étriers à boulons, qui dans plusieurs machines à tirailles forment, comme nous l'avons dit, les articulations du tirant principal avec le

grand balancier, de celui-ci avec les barres, et enfin des barres avec les croix et les varlets; on a substitué, disons-nous, des sphères en fonte de fer qui roulent dans des boîtes demi-sphériques remplies de graisse.

876. Dans quelques autres machines à tiraille, on a remplacé les boulons ou essieux des balanciers, par des pivots taillés en forme de couteaux de balance qui reposent dans des cuvettes métalliques remplies de graisse.

CHAPITRE IV.

Machines à vapeur appliquées aux épuisemens et à l'extraction du minerai des mines.

877. AVANT que la machine à vapeur ne fût inventée, on était souvent réduit à abandonner d'importantes exploitations, par l'impossibilité d'avoir à sa disposition un courant d'eau, ou parce que ce courant aurait exigé des travaux préparatoires trop coûteux, ou enfin, parce que la force de ce courant n'aurait point été suffisante. Depuis que cette précieuse invention est en usage, il n'est aucun local où l'on ne puisse effectuer des exploitations, et il n'est aucune résistance que l'on ne puisse vaincre, pourvu que l'on ait le combustible nécessaire.

878. C'est surtout dans les mines de houille que ces machines rendent les services les plus signalés. Aussi elles ont prodigieusement multiplié ces sortes d'exploitations, qui surpassent en utilité celles des mines d'or et d'argent, et qui sont

devenues chez les Anglais une des principales sources de l'étonnante prospérité de leur industrie.

879. Les machines à vapeur, dans ces exploitations, sont employées à mettre en mouvement des machines à molettes, ou des systèmes de pompes, qui ne diffèrent en rien de celles que nous avons jusqu'ici amplement décrites. Souvent une même machine à vapeur produit à la fois ces deux genres de travaux, c'est-à-dire, elle extrait le minerai et elle épuise les eaux.

880. Lorsqu'une machine à vapeur est destinée à extraire le minerai par l'intermédiaire d'une machine à molettes, il faut que la communication de l'une à l'autre se fasse de telle sorte que l'on puisse arrêter subitement la machine à molettes, aussitôt qu'une des tonnes est parvenue au sommet du puits; et que l'on puisse ensuite imprimer au baritel un mouvement en sens contraire, pour faire descendre cette tonne vide et monter l'autre pleine. On obtient ces effets au moyen des doubles engrenages à verrou. Nous avons parlé de ces engrenages dans le *Traité de la composition des Machines* (§ 877 et suivans) et plus amplement dans le *Traité des machines, employées dans des constructions diverses* (§ 861 et suiv.).

881. Les machines en usage dans les mines sont celles de *Newcomen*, de *Watt* à simple effet, du même *Watt* à double effet et celles à forte pression. Nous nous bornerons ici à comparer les effets de ces diverses machines, qui sont décrites dans le Chapitre III du Ier. livre du *Traité de la composition des Machines*, et qui sont représentées dans les Planches 7, 8, 9, 10 et 11, du même Traité.

Évaluation de la force des machines à vapeur.

Machine de *Newcomen*.

882. En parcourant les grandes exploitations, et surtout

celles de houille, on est étonné de la préférence que l'on accorde quelquefois à cette machine sur d'autres bien plus parfaites.

883. Cette préférence est motivée d'un côté sur la moindre dépense que coûte l'établissement de cette machine ancienne, et sur le moindre degré d'utilité qu'apporte l'économie du combustible en un lieu qui en fournit en si grande abondance.

884. A l'égard de cette économie on doit faire une remarque importante; c'est qu'elle est bien plus sensible dans les petites machines que dans les grandes, à égalité de circonstances, par une raison facile à concevoir. La perte de vapeur occasionée par l'injection de l'eau froide dans l'intérieur du cylindre (ce qui est un des défauts capitaux de la machine de *Newcomen*), est proportionnelle aux surfaces des cylindres, tandis que la quantité de vapeur agissante dans ces cylindres est proportionnelle à leur capacité : or on sait, par la géométrie, que les surfaces de ces cylindres sont entre elles comme les carrés des diamètres, et que leurs capacités sont comme les cubes : ainsi il est évident que la perte occasionée par le refroidissement sera d'autant moins sensible, que la capacité sera plus grande; et réciproquement, elle sera plus importante lorsque la grandeur du cylindre, et consequemment de la machine, sera plus petite.

885. En général, les machines de *Watt* à simple effet offrent plus d'avantages dans les mines que les machines de *Newcomen*, quoique celles-ci soient plus simples, moins coûteuses et plus faciles à transporter.

886. M. *Héron* de *Villefosse* rapporte dans son très-bel ouvrage, intitulé de *la Richesse minérale* (tome 3 page 69), que l'on a observé, aux mines d'Anzin, que les cylindres étant égaux de part et d'autre, l'effet d'une machine de *Newcomen* était à celui d'une machine de *Watt* à simple effet, comme 9 est à 10; mais, dans la machine de *Newcomen*, la consommation du com-

bustible, pour 24 heures, s'élève à près de 8 livres de houille par pouce circulaire de la surface du piston, tandis qu'on ne consomme que 2 à 3 livres, dans une machine à simple effet, construite par MM. *Perrier*. Il en résulte qu'à égalité de cylindre et d'effet, la machine de *Newcomen* consomme environ trois ou même quatre fois autant de combustible que les machines de *Watt* à simple effet; mais on ne doit point oublier que cet avantage précieux dans les établissemens qui tirent le combustible de lieux éloignés, est moins appréciable sur les mines de houille.

887. Les machines de *Newcomen* consomment une quantité d'eau d'injection qui est beaucoup plus considérable que dans les machines de *Watt*.

Machine de *Watt* à simple effet.

888. Dans les machines à simple effet, dont on voit des exemples à Paris, à Chaillot et au Gros-Caillou, la température de la vapeur n'excède pas ordinairement 84 ou 85 degrés; ainsi, la force expansive de cette vapeur n'opère, sur la surface du piston moteur, qu'une pression à peu près égale à celle du poids de l'atmosphère, c'est-à-dire, au poids de 2240 livres par pied carré, ce qui équivaut à un peu moins de 16 livres par pouce carré. Il faut en déduire une force opposée résultant de la température de 40 degrés environ, que la vapeur conserve dans le condensateur, c'est-à-dire, un peu plus de deux livres de force par pouce carré; il faut aussi déduire les pertes occasionées par les frottemens, par l'inertie qui résiste au changement de mouvement à la fin de chaque montée et de chaque descente du piston, et par d'autres résistances passives.

889. L'expérience a démontré que la puissance active de ces

machines, ne doit être évaluée qu'à 7 ou 8 livres par pouce circulaire de la surface du piston *récepteur*.

890. La vitesse du piston est communément de 3 pieds par seconde. D'après ces données, on pourra facilement comparer la force d'une machine à simple effet, dont le diamètre du piston est déterminée à la force équivalente d'un certain nombre de chevaux, en supposant qu'un cheval exerce une traction de 175 livres, avec une vitesse de 2000 toises par heure ou 3 pieds et un tiers par seconde, vitesse qui est à peu près égale à celle qu'acquiert le piston de la machine à vapeur.

891. Une machine à simple effet, consomme, en terme moyen, 5 livres de houille en 24 heures pour chaque pouce circulaire de la surface du piston. On observe cependant que dans quelques grandes machines la consommation est moindre, et qu'elle se borne, pour 24 heures, à 3 livres et demie par pouce circulaire. M. *Héron* de *Villefosse* (*a*) rapporte que dans des machines employées en Silésie, la consommation est telle que nous venons de l'indiquer, et que à Anzin elle se réduit à 2 livres de bonne houille. Il rapporte en outre, que dans les machines de Silésie, la consommation d'eau froide qu'exige la condensation, s'élève pour 24 heures à près de 1400 pouces cubes de ce liquide, par pouce circulaire de la surface du piston; que, dans d'autres machines du même genre, cette consommation est quelquefois moindre; elle se borne alors, pour 24 heures, à environ 1150 pouces cubes, par pouce circulaire de la surface du piston; mais quelquefois elle excède le premier nombre.

892. M. *Héron* de *Villefosse* ajoute qu'en Silésie, on admet dans la pratique, qu'un pouce cube d'eau procure 1000 pouces cubes de vapeur.

(*a*) *Richesse minérale*, tom. III, pag. 67.

Machine de *Watt* à double effet et à rotation.

893. On estime que la consommation du combustible, pour 24 heures, est de 7 livres par pouce circulaire du piston, pour l'effet double, ce qui réduit cette consommation à 3 livres et demie pour l'effet simple. Quelquefois la consommation est plus forte, et elle s'élève jusqu'à 10 livres pour l'effet double.

894. Dans les machines à double effet on donne ordinairement au piston la vitesse de 3 pieds et un tiers par seconde, ce qui correspond à 30 pulsations complètes par minute.

895. On évalue que la force d'une machine dont le piston a 15 pouces de diamètre, équivaut à celle de 8 chevaux.

Machine à deux cylindres et à forte pression.

896. Cette machine consomme, par 24 heures, 120 livres par force de cheval en bonne houille, ou bien 3 livres et neuf dixièmes par pouce circulaire de la surface totale des deux pistons; dans celles établies aux mines d'Auzin, on a observé que la consommation était un peu moindre et se reduisait à 3 livres deux dixièmes.

897. En comparant cette machine avec une à double effet, on reconnut que cette dernière, pour avoir la force de 10 chevaux, doit avoir un cylindre dont le diamètre soit de 17 pouces; et qu'elle consommera par 24 heures en terme moyen 216 livres par force de cheval, ou bien 7 livres par pouce circulaire du piston.

898. Dans la machine à deux cylindres de la force de 10 chevaux, la température de la vapeur s'élève ordinairement de 97 à 112 degrés, et sa force expansive équivaut à la pression de deux à trois atmosphères, et en pratique cette pression est évaluée, dans la machine dont il s'agit, à 14 livres par pouce circulaire de la surface des deux pistons. Le grand piston a 16 pouces de diamètre, et le petit, qui n'a que le quart de la capacité du grand, a

conséquemment 8 pouces de diamètre. Le rapport de la consommation du combustible de cette machine à celle de la machine à double effet est comme 120 à 216. La consommation d'eau pour la condensation est également moindre; mais sa construction est plus coûteuse, et son mouvement est moins régulier.

899. M. *Edwards* a importé en France cette ingénieuse machine dont on attribue l'invention à M. *Wolf*. Dans ces sortes de machines, deux cylindres d'égale hauteur sont placés de niveau l'un à côté de l'autre, mais le plus petit n'a que la moitié du diamètre du grand, et conséquemment sa capacité n'est que le quart de celle de l'autre. Les deux pistons sont attachés au parallélogramme du même balancier, de sorte qu'ils s'élèvent, qu'ils s'abaissent en même temps et parcourent une course à peu près égale.

900. La vapeur entre d'abord dans le petit cylindre soit en-dessus, soit en dessous, puis elle passe du dessus du petit cylindre au-dessous du grand, et au contraire du dessous du petit au-dessus du grand; des tuyaux sont disposés à cet effet. La vapeur ne passe dans le condenseur qu'après avoir agi dans le petit et dans le grand cylindre, ainsi les deux tuyaux du refrigerant communiquent avec le grand cylindre; et ceux qui conduisent la vapeur motrice de la chaudière à la machine, la font aboutir dans le petit cylindre après l'avoir fait passer entre les parois extérieures du grand cylindre et une enveloppe métallique qui l'environne; par cette disposition ingénieuse, les parois de ce cylindre conservent toujours des degrés de température égaux à ceux de la vapeur.

901. Voici quel est l'effet de cette machine lorsque les pistons commencent à descendre: les tuyaux conducteurs de la vapeur et leurs soupapes sont tellement disposés, que la vapeur se trouve introduite simultanément au-dessus du petit piston, en dessous de ce piston, et au-dessus de l'autre piston dans le

grand cylindre, et elle a une égale intensité en ces trois lieux; mais en même temps le vide se fait par la condensation en dessous du grand cylindre, de sorte que ce piston est poussé par la force totale de la vapeur qui agit sur sa face supérieure, et il entraîne le petit piston dans sa marche.

902. A mesure que les pistons descendent, la vapeur contenue entre les deux occupe progressivement un plus grand espace en se répandant dans la partie supérieure du grand cylindre que la descente du piston a laissé libre: or, la vapeur ne peut occuper un plus grand espace sans perdre une portion de son énergie, conséquemment sa pression sur le grand piston diminue; mais d'un autre côté, l'équilibre cesse d'exister entre la vapeur qui presse le petit cylindre en-dessus, qui est toujours constante, et celle en-dessous qui s'affaiblit par la raison que nous venons d'indiquer; il en résulte que le petit piston gagne en force, tandis que le grand perd; mais ce gain et cette perte ne se compensent point exactement, de sorte que dans la descente du piston l'effort le plus grand a lieu au commencement de la descente; lorsque le piston est arrivé à la moitié de sa course, l'effort n'est à peu près que la moitié du précédent et à la fin de sa course qu'un peu plus d'un tiers. Les mêmes effets ont lieu en sens inverse lors de la montée des pistons. Les irrégularités du mouvement que nous venons de signaler sont corrigées par l'action modératrice d'un volant.

Machine à vapeur portative de M. *Perrier*, Pl. XXVII, fig. 16.

903. MM. *Perrier* ont pensé que ce serait rendre un grand service aux arts, si l'on pouvait composer la machine à vapeur de manière à la placer sans frais au milieu d'un atelier, et la rendre pour ainsi dire portative; en conséquence ils ont imaginé la machine représentée fig. 12 dont le cylindre A, dans lequel agit

la vapeur est couché horizontalement, et fixé sur la bâche B, ou réservoir d'eau d'injection. La tige *c c* du piston passe par les deux bouts du cylindre, et peut faire mouvoir par ses deux extrémités des machines quelconques. — *d*, *d*, condensateur; *e*, pompe qui sert à évacuer l'eau provenant de l'injection, laquelle ayant acquis un certain degré de chaleur est employée, en partie, à alimenter la chaudière, c'est-à-dire, à réparer les pertes que l'évaporation lui a fait éprouver.

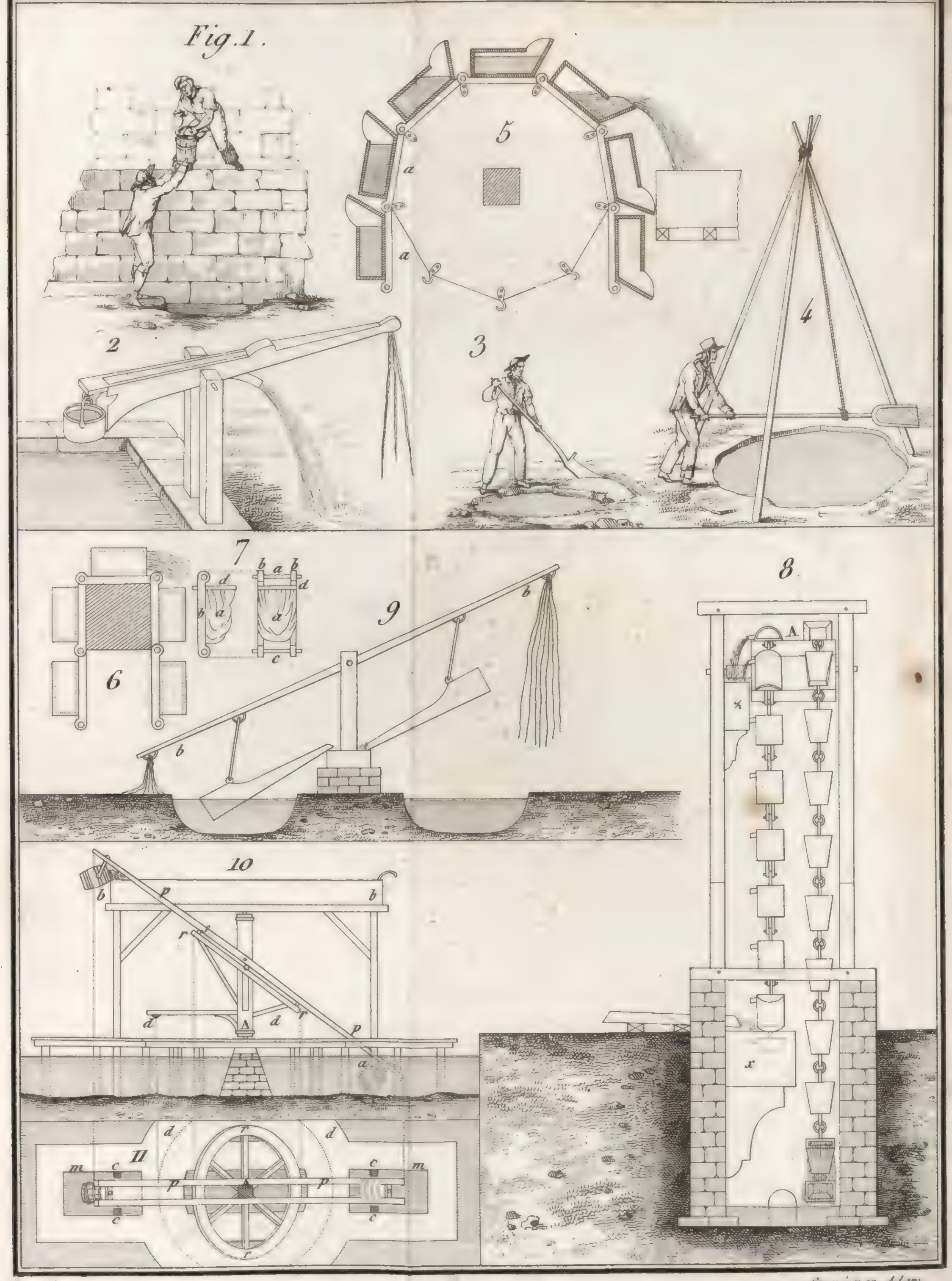
904. Le balancier *f* met en mouvement la tige de la pompe *e*, et le régulateur qui agit par l'intermédiaire de la tige *x*; le balancier reçoit lui-même le mouvement du châssis *m m*, retenu entre deux coulisses *z z*, et qui est poussé et tiré alternativement par les deux bouts de la tige *c c* du piston récepteur contenu dans le grand cylindre; à cet effet, il est terminé dans sa partie inférieure par un arc de cercle *p*, sur lequel s'enveloppent et se développent alternativement deux courroies ou deux chaînes, dont l'une est attachée par un bout à l'extrémité *r* de l'arc *p*, et l'autre au point *s* du châssis *m m*; la seconde est attachée au point opposé *t* et *v*. On conçoit facilement que par cette disposition, lorsque le châssis parcourt horizontalement un certain espace dans un sens, il entraîne par son mouvement et oblige chacune des extrémités *p*, *x*, *y*, à décrire des arcs de grandeur correspondante, et à faire mouvoir à la fois la pompe et le régulateur: chacune de ces extrémités est garnie d'un arc de cercle pour prévenir les obliquités de traction. Ainsi l'arc *p* est destiné à recevoir la communication du mouvement par l'intermédiaire du châssis *m m*, qui, ne faisant qu'un seul corps avec les deux bouts de la tige du piston récepteur, est mû immédiatement par le piston même. L'arc *y* transmet le mouvement à la pompe du condensateur *e*; et enfin l'arc *x* fait agir le régulateur dont l'office est, comme on le sait, d'ouvrir deux des

quatre soupapes qui règlent l'action de la machine et de fermer les deux autres : de sorte que si, d'un côté du piston, la soupape qui admet la vapeur de la chaudière (qui n'est pas représentée dans la figure , non plus que le régulateur) est ouverte , celle , destinée à établir la communication avec le réfrigerant, est fermée ; et au contraire , de l'autre côté, celle qui correspond au tuyau conducteur de la vapeur est fermée, et ainsi réciproquement.

905. Cette machine fort simple, peu volumineuse et d'un transport très-facile, peut-être employée avec succès dans une foule de circonstances, et spécialement dans les mines lorsque les épuisemens ne sont que temporaires. On pourrait aussi l'employer aux épuisemens qui ont pour but de dessécher un marais, et à ceux qu'on effectue dans les travaux hydrauliques pour mettre à sec l'intérieur d'un batardeau.

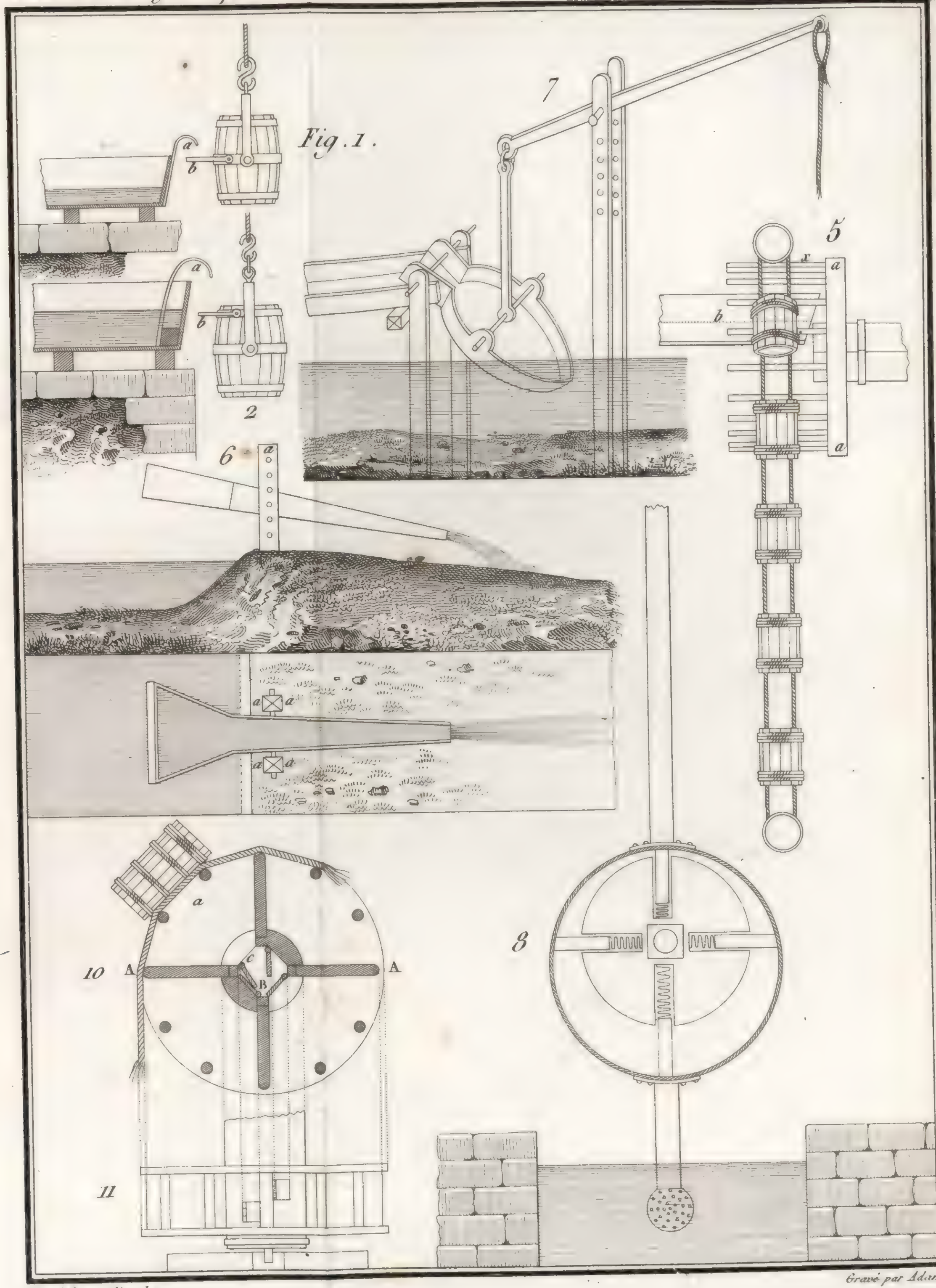
906. M. *Manoury* a imaginé dernièrement une machine à vapeur spécialement destinée à l'élévation des eaux. Cette belle machine est une nouvelle preuve de la fertilité de ce mécanicien ingénieux, à qui l'on doit déjà plusieurs inventions très-remarquables, et spécialement la *danaïde* et l'*hydréole*. On établit en ce moment des machines de cette espèce dans les abatoirs de Paris. Nous nous réservons à les décrire, ainsi que les machines récemment inventées par M. *Cagnard-Latour*, lorsque l'expérience aura confirmé les préventions favorables qu'elles ont fait naître.

FIN.



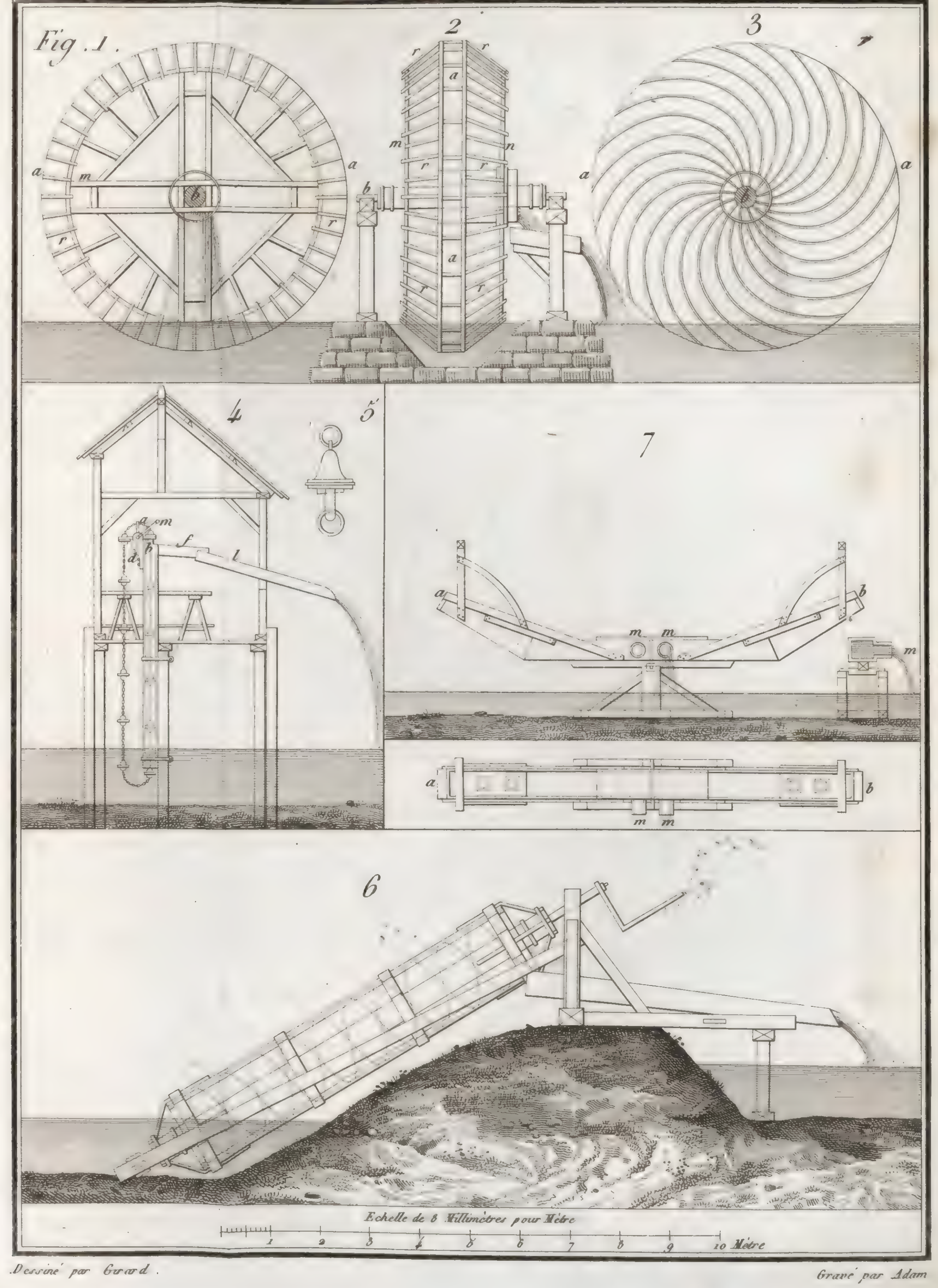
Dessiné par Girard. Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged



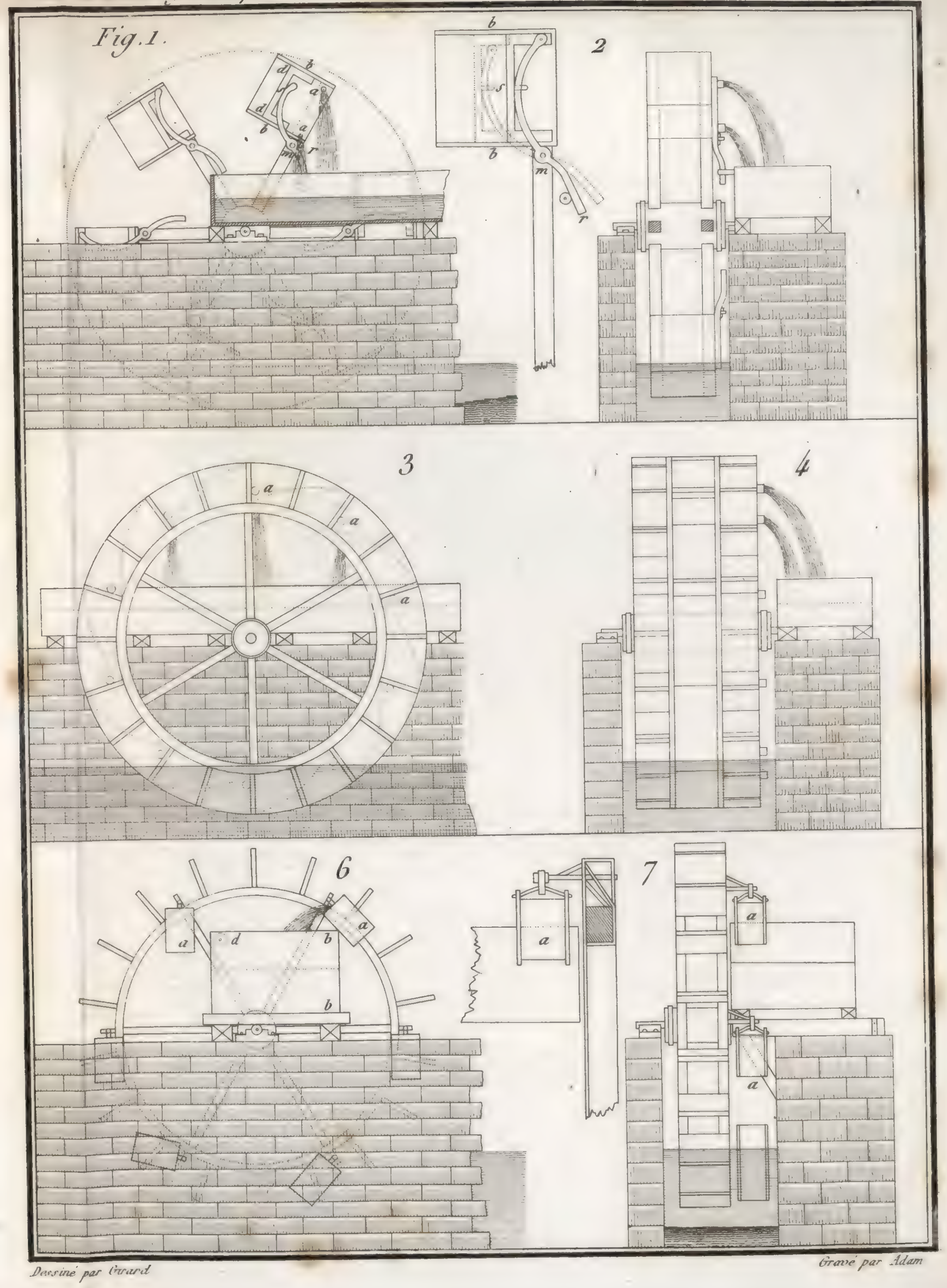
Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged

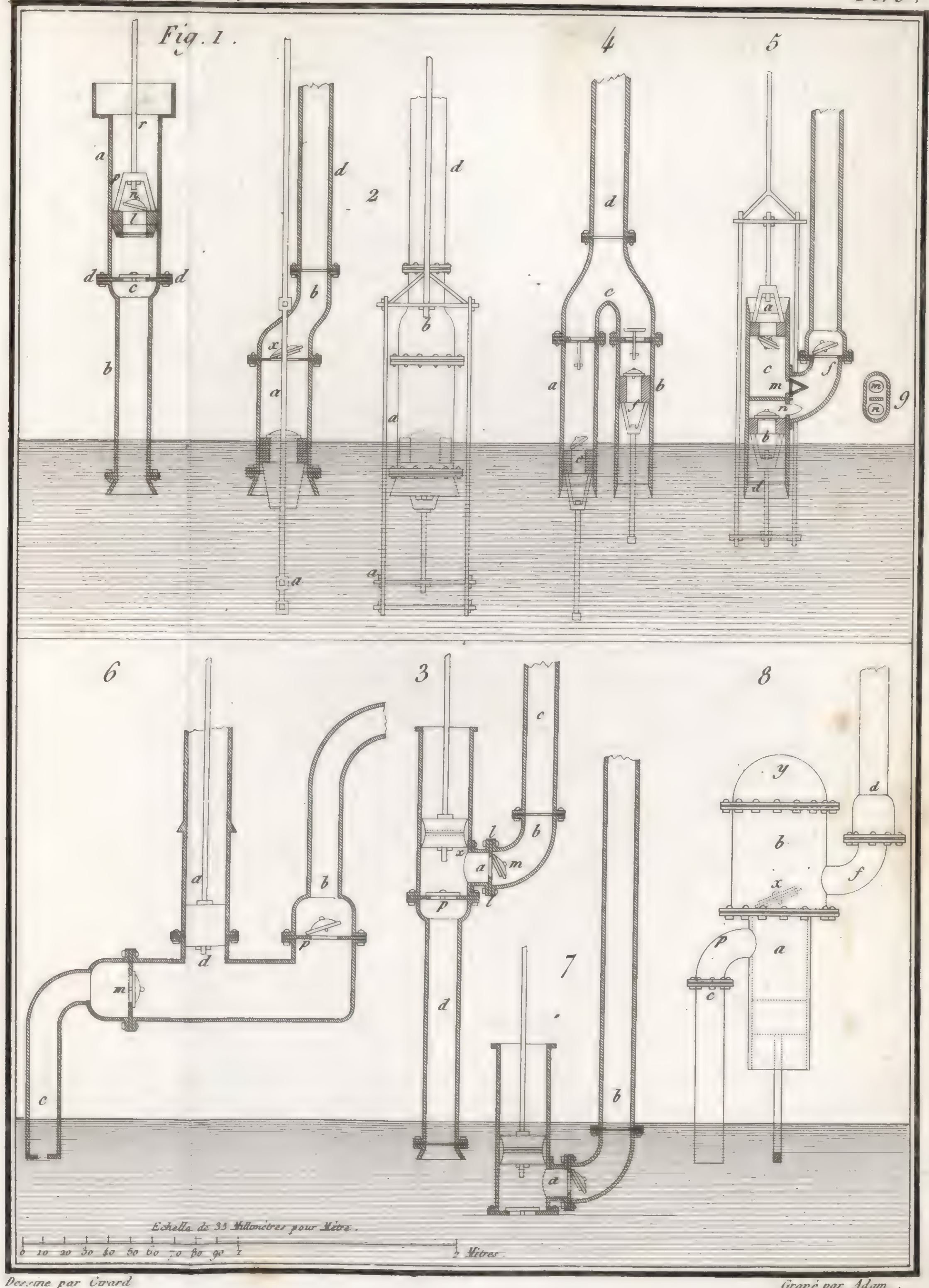


Dessiné par Girard. Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged


Fig. 1.
2
3
4
6
7
Dessiné par Girard
Gravé par Adam

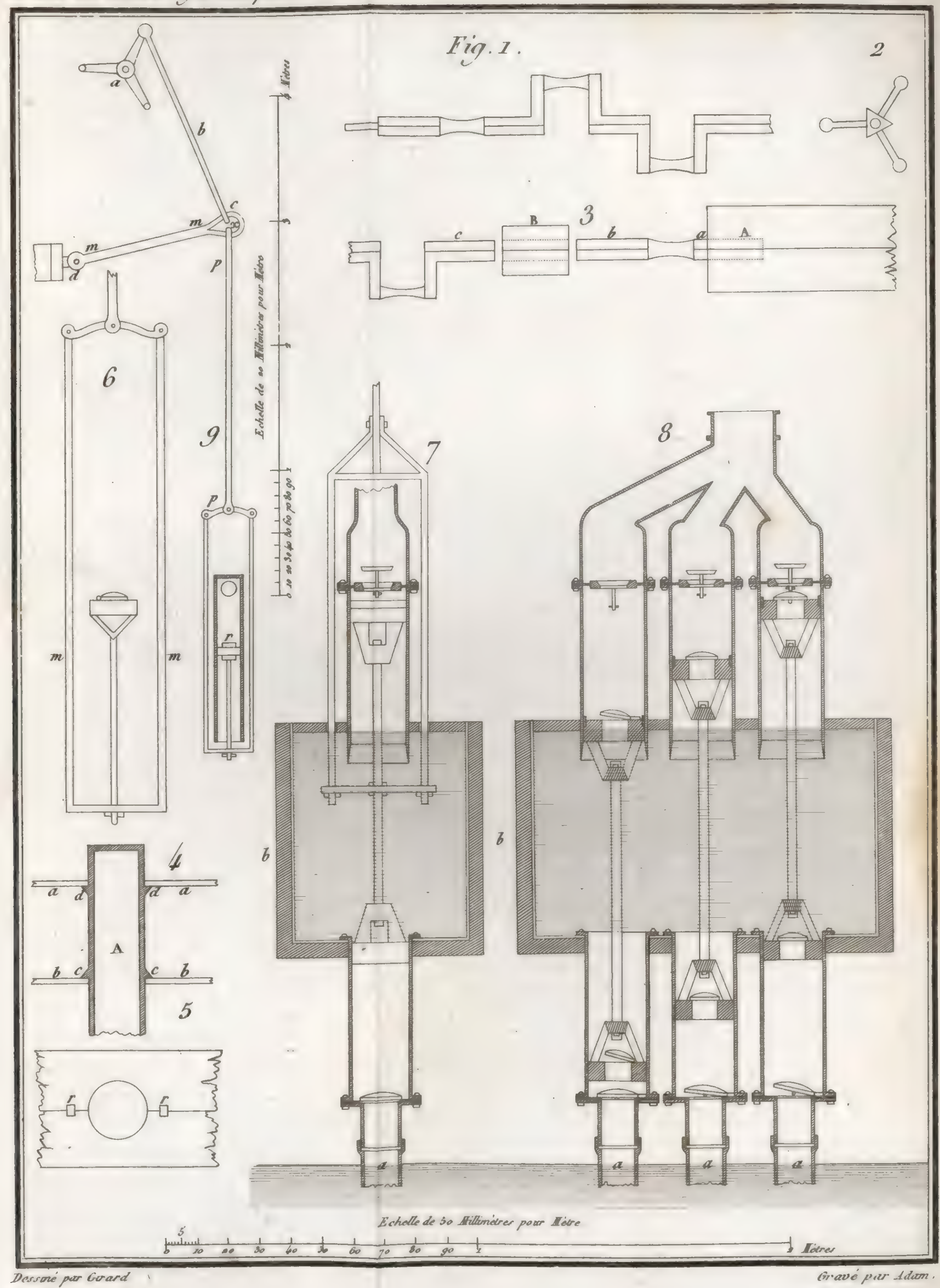
Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard

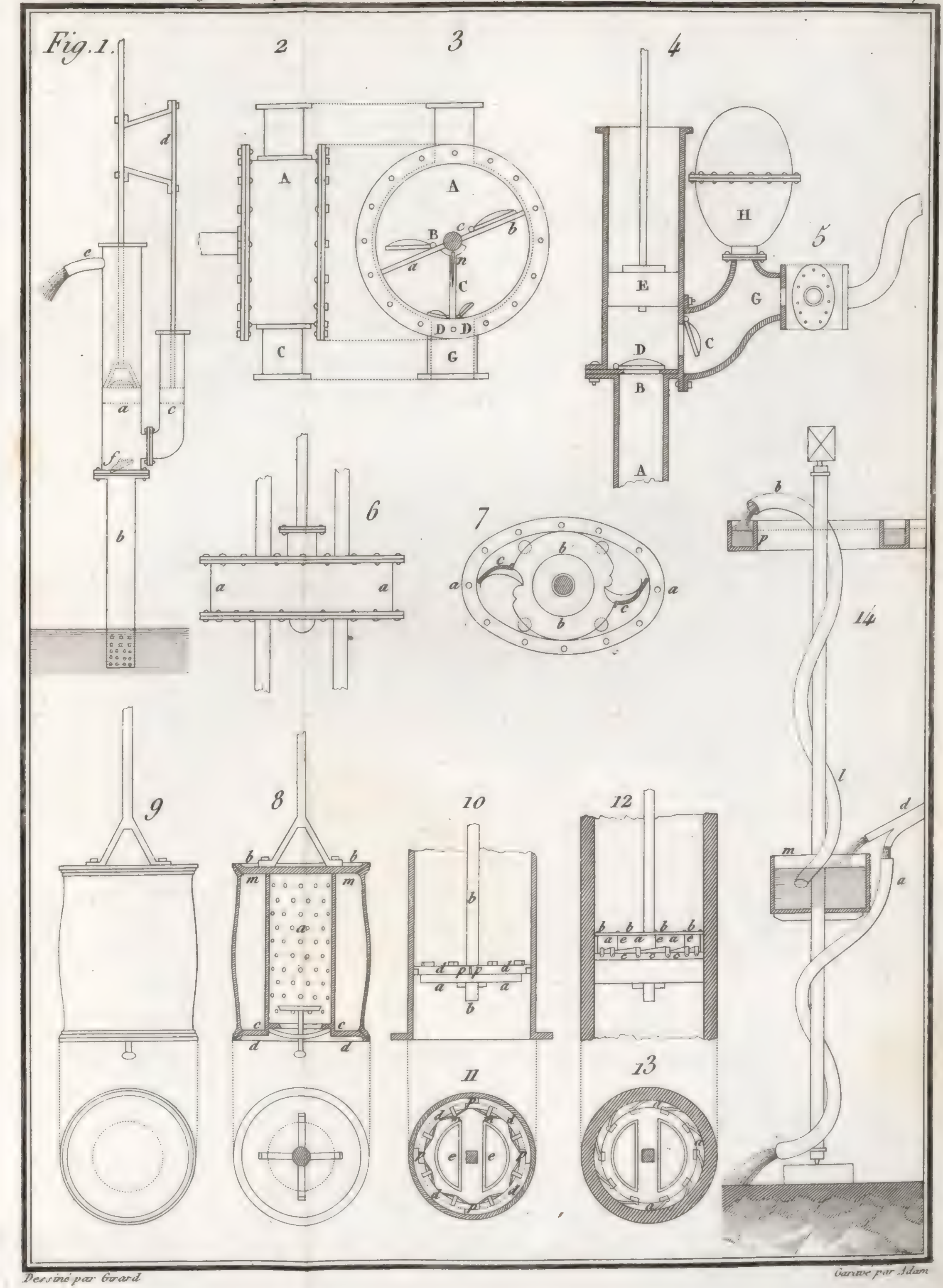
Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



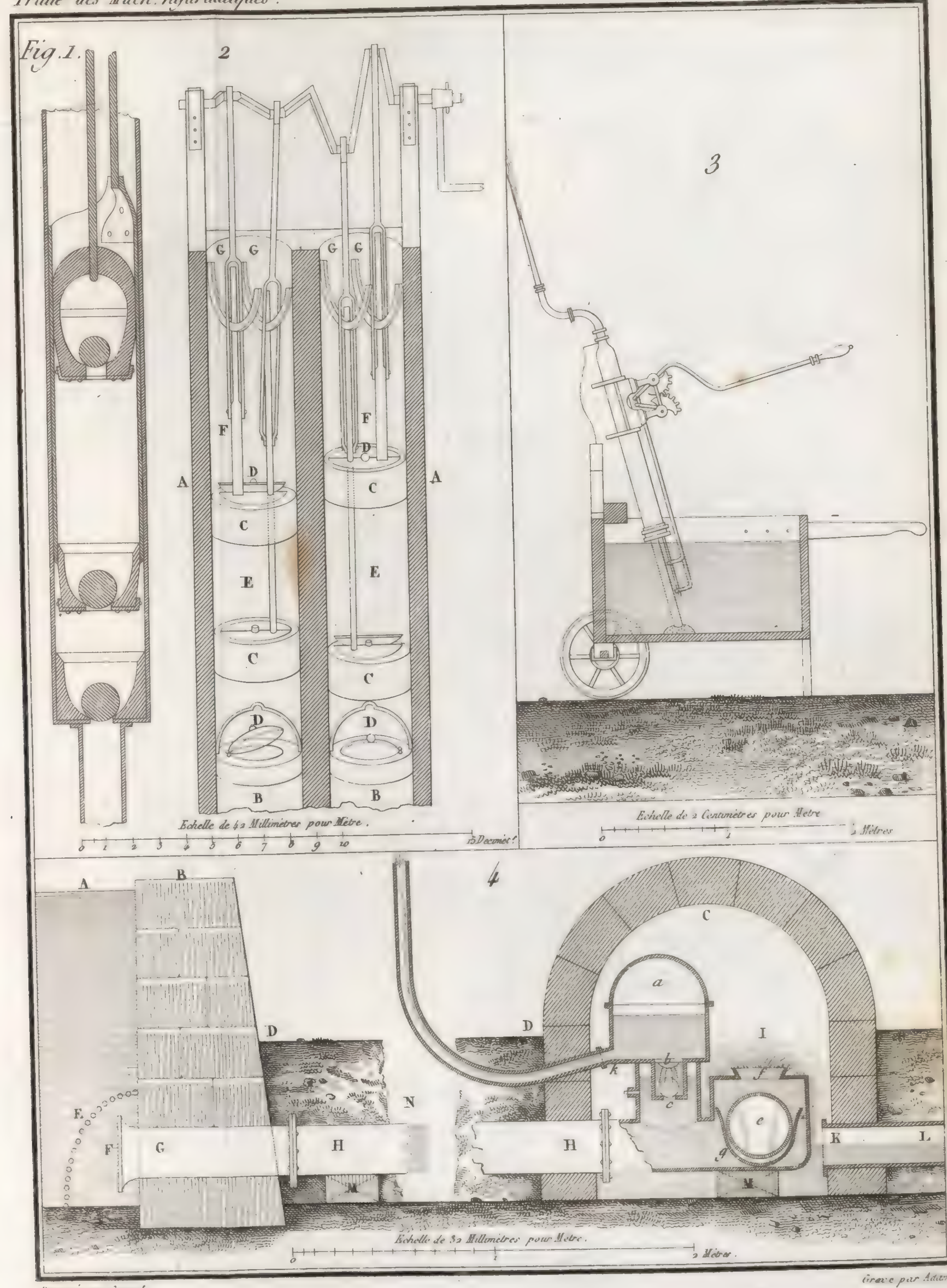
Dessiné par Girard *Gravé par Adam.*

Back of
Foldout
Not Imaged

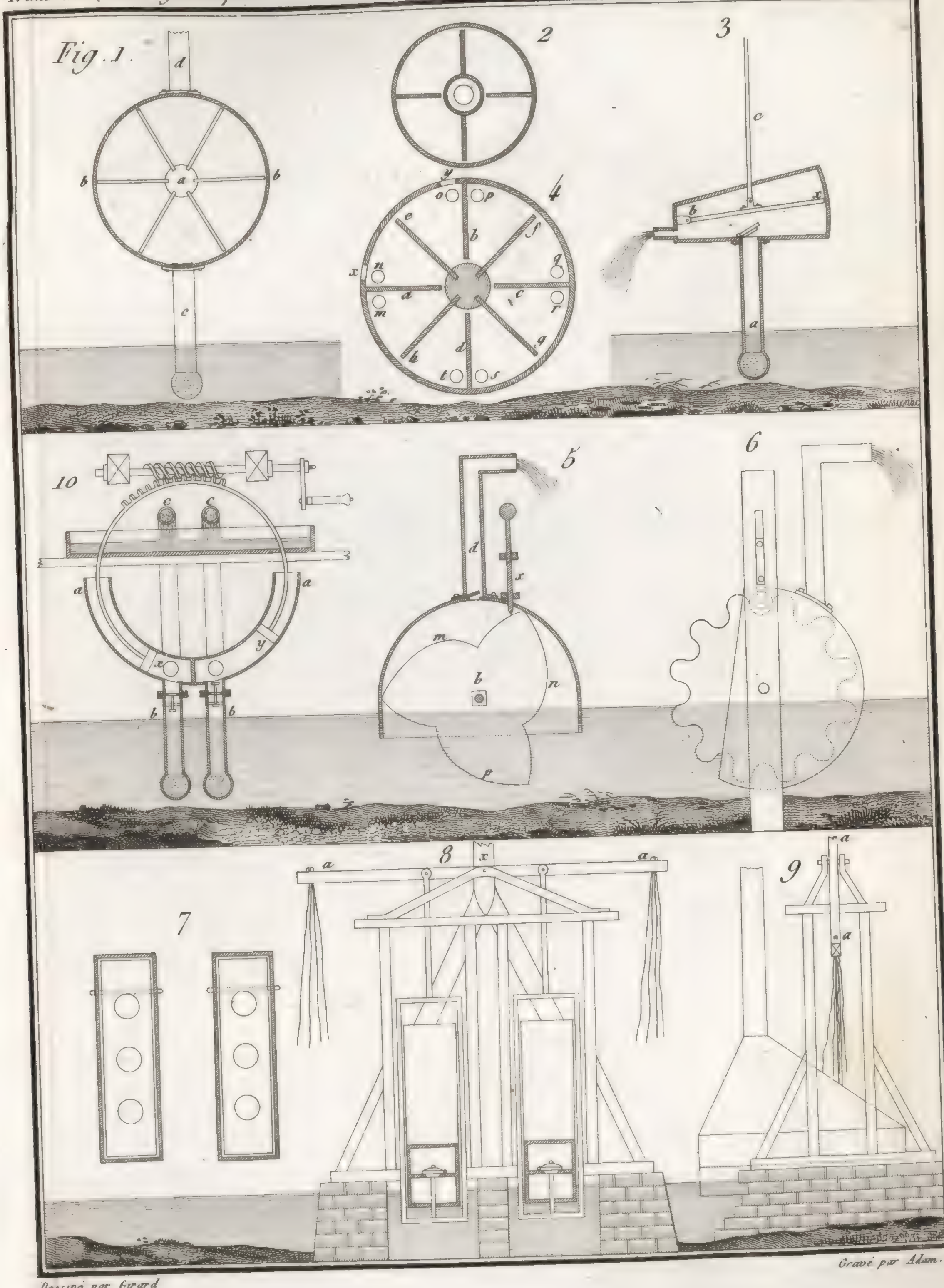


Dessiné par Girard *Gravé par Adam*

Back of
Foldout
Not Imaged


Fig. 1.
2
3
4
Echelle de 62 Millimètres pour Mètre.
Echelle de 5 Centimètres pour Mètre
Echelle de 32 Millimètres pour Mètre.
Dessiné par Girard.
Gravé par Adam.

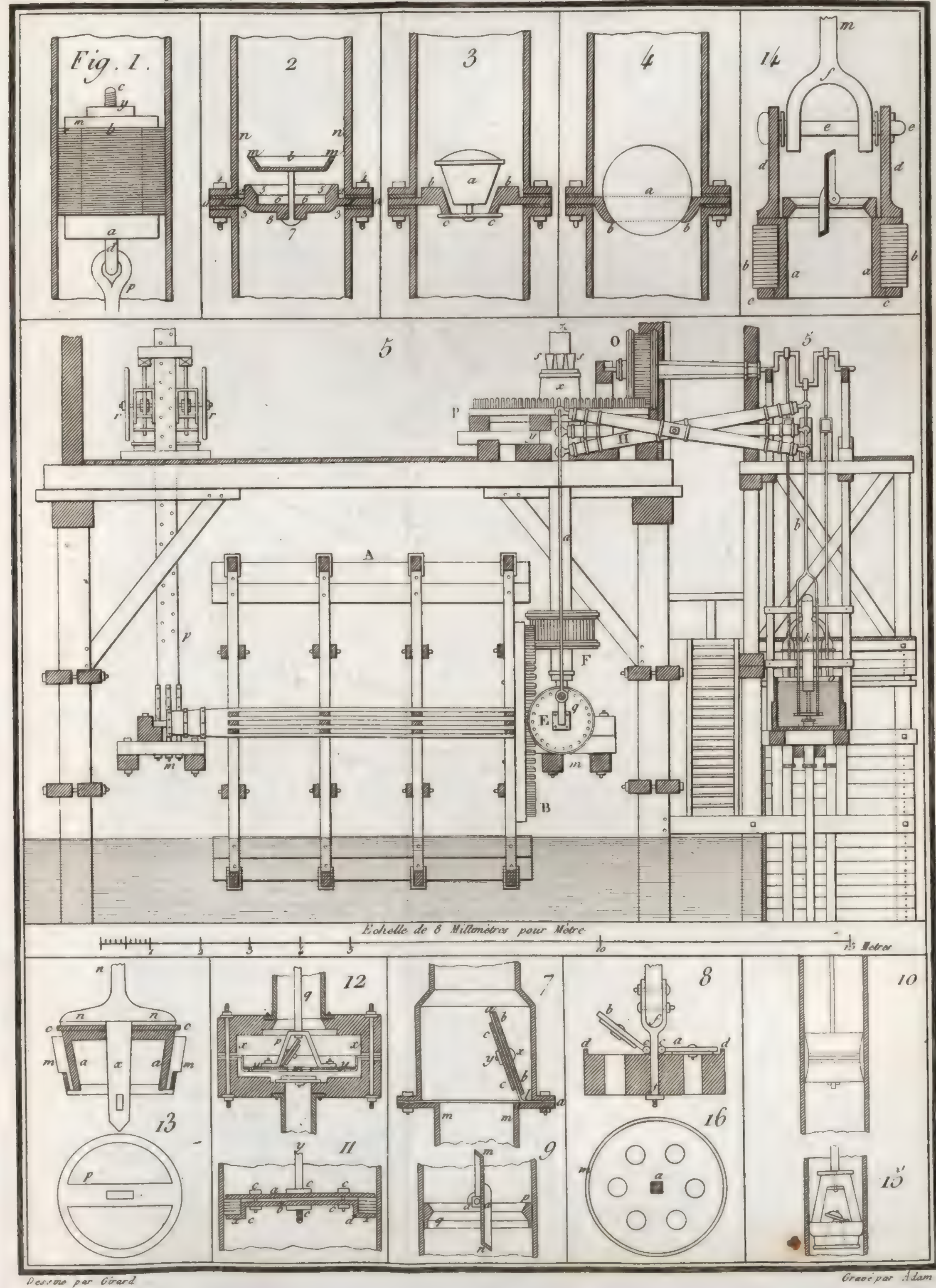
Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard

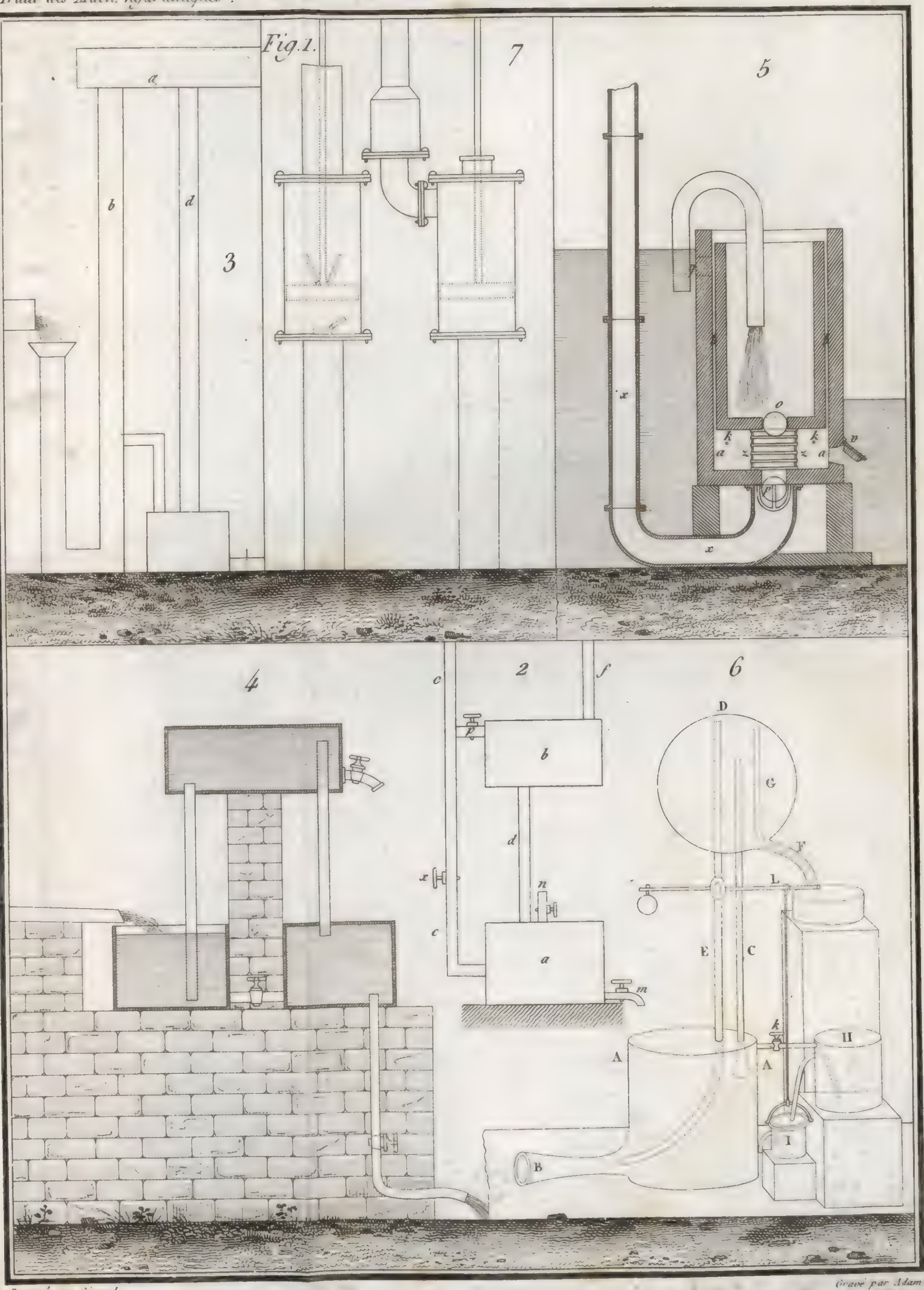
Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged

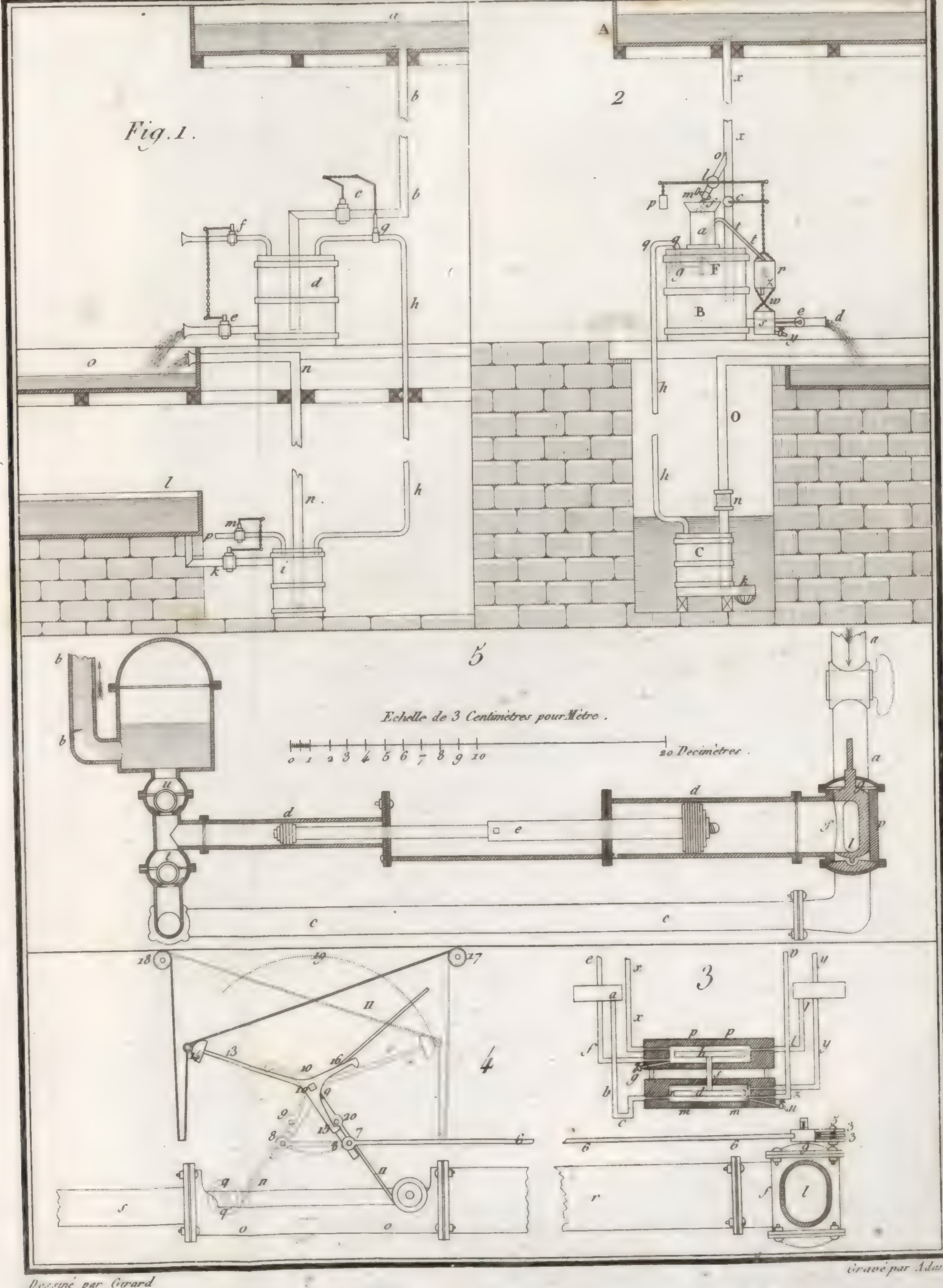


Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged


Traité des Mach. hydrauliques.
Pl. II.
Fig. 1.
7
5
3
4
2
6
Dessiné par Girard.
Gravé par Adam.

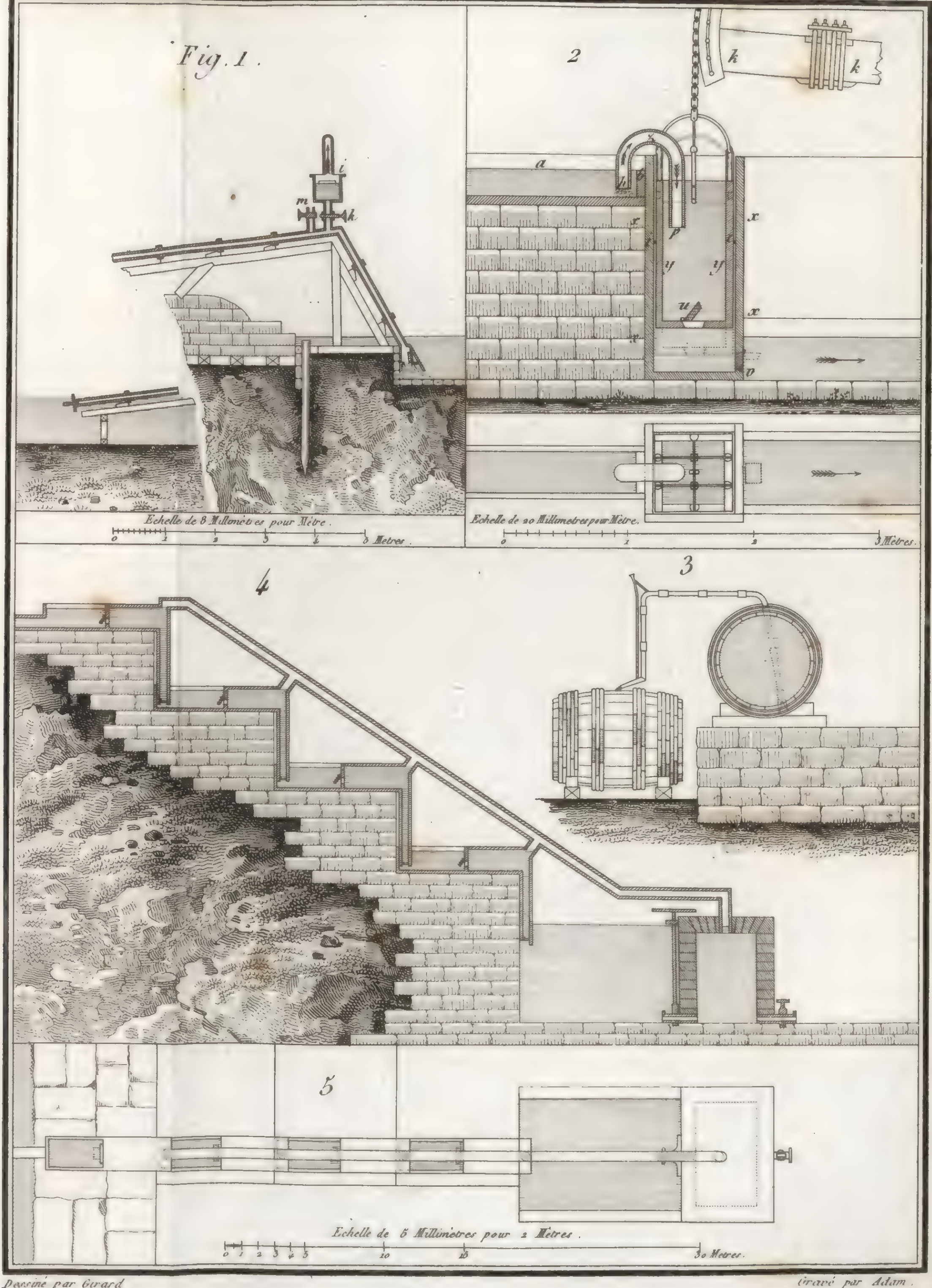
Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged


Fig. 1.
2
3
4
5
Echelle de 8 Millimètres pour Mètre.
Echelle de 20 Millimètres pour Mètre.
Echelle de 5 Millimètres pour 2 Mètres.
Dessiné par Girard
Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

Fig. 1.

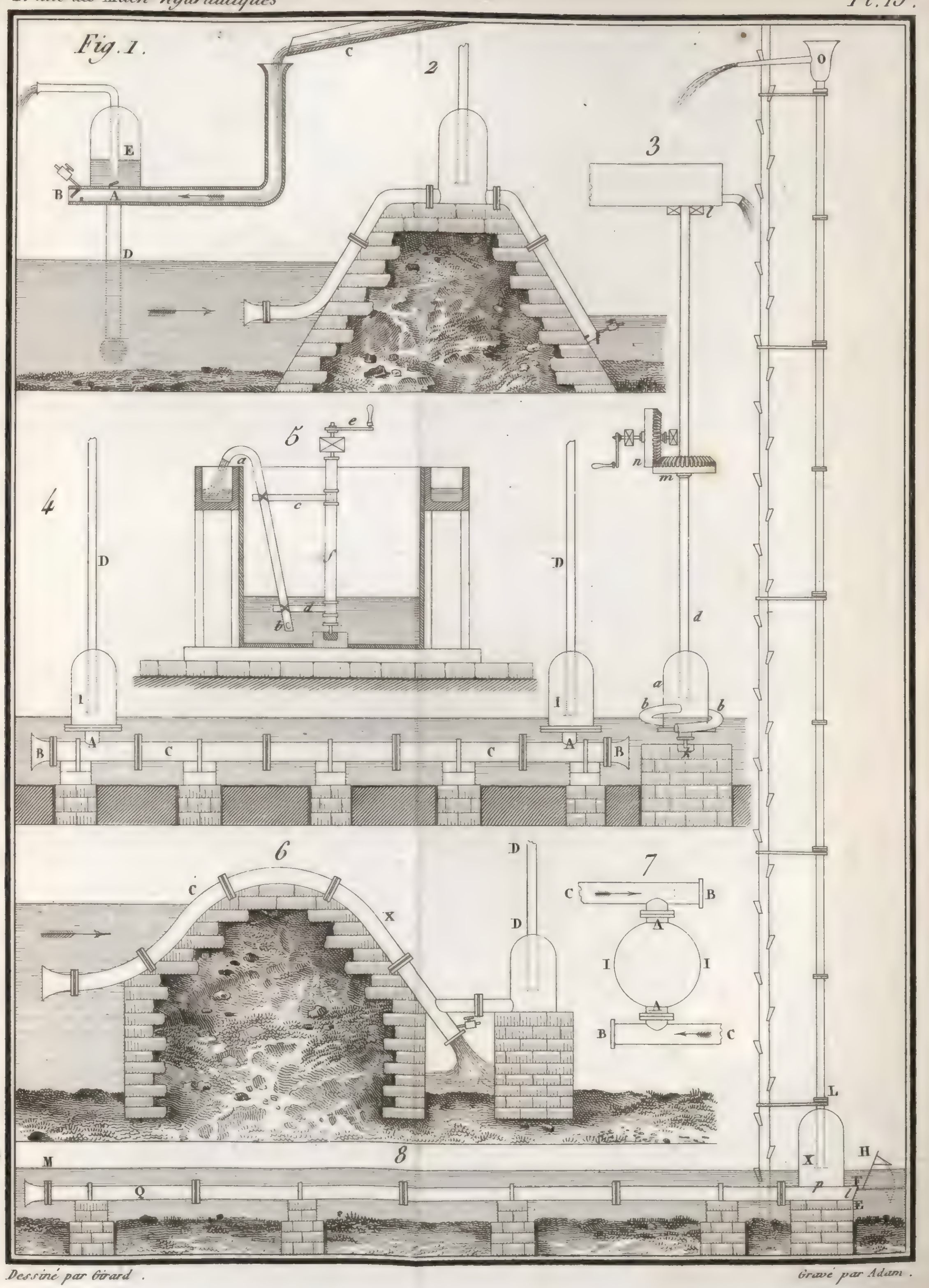
2

3

Echelle de 15 Millimètres pour Mètre

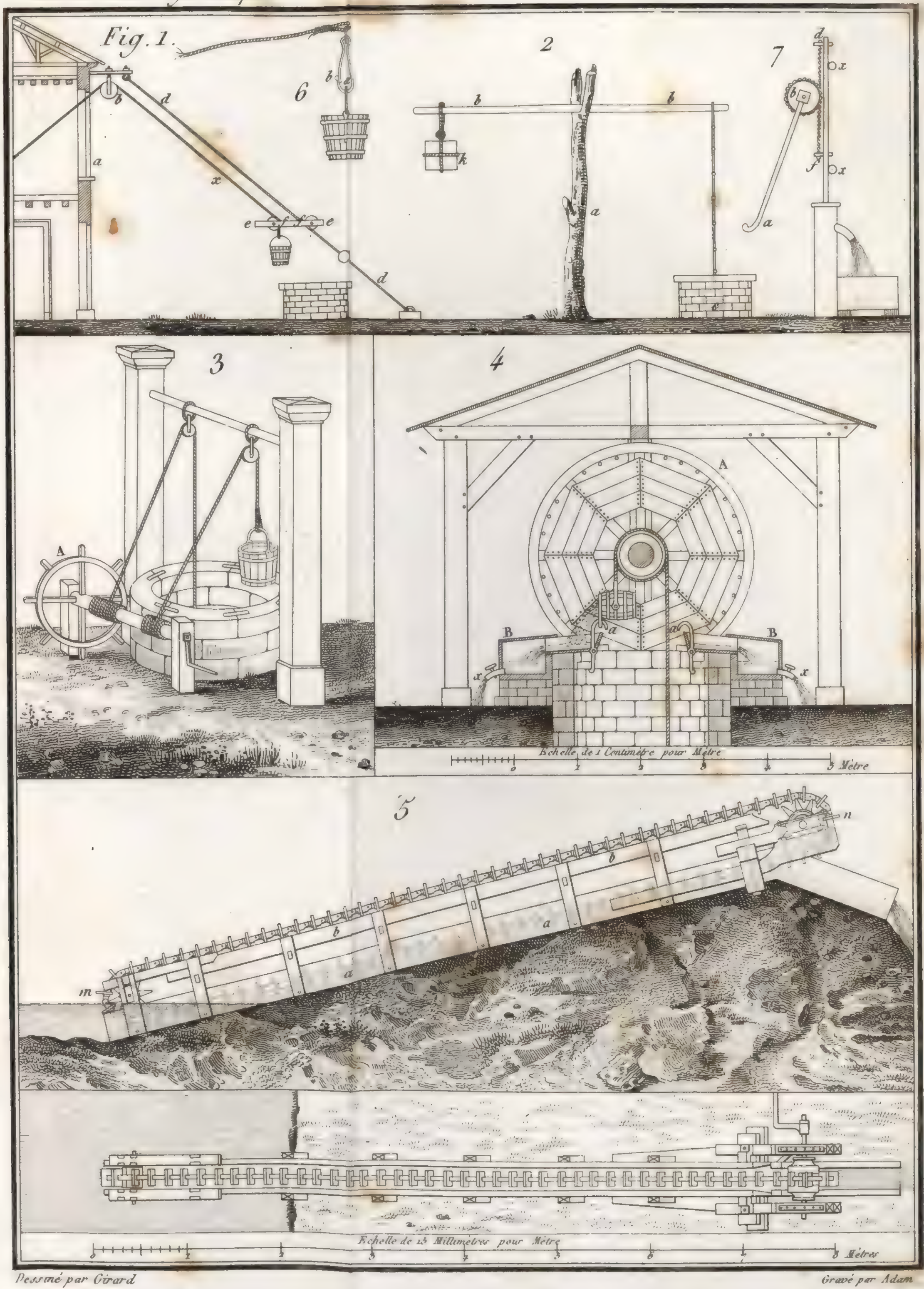
Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

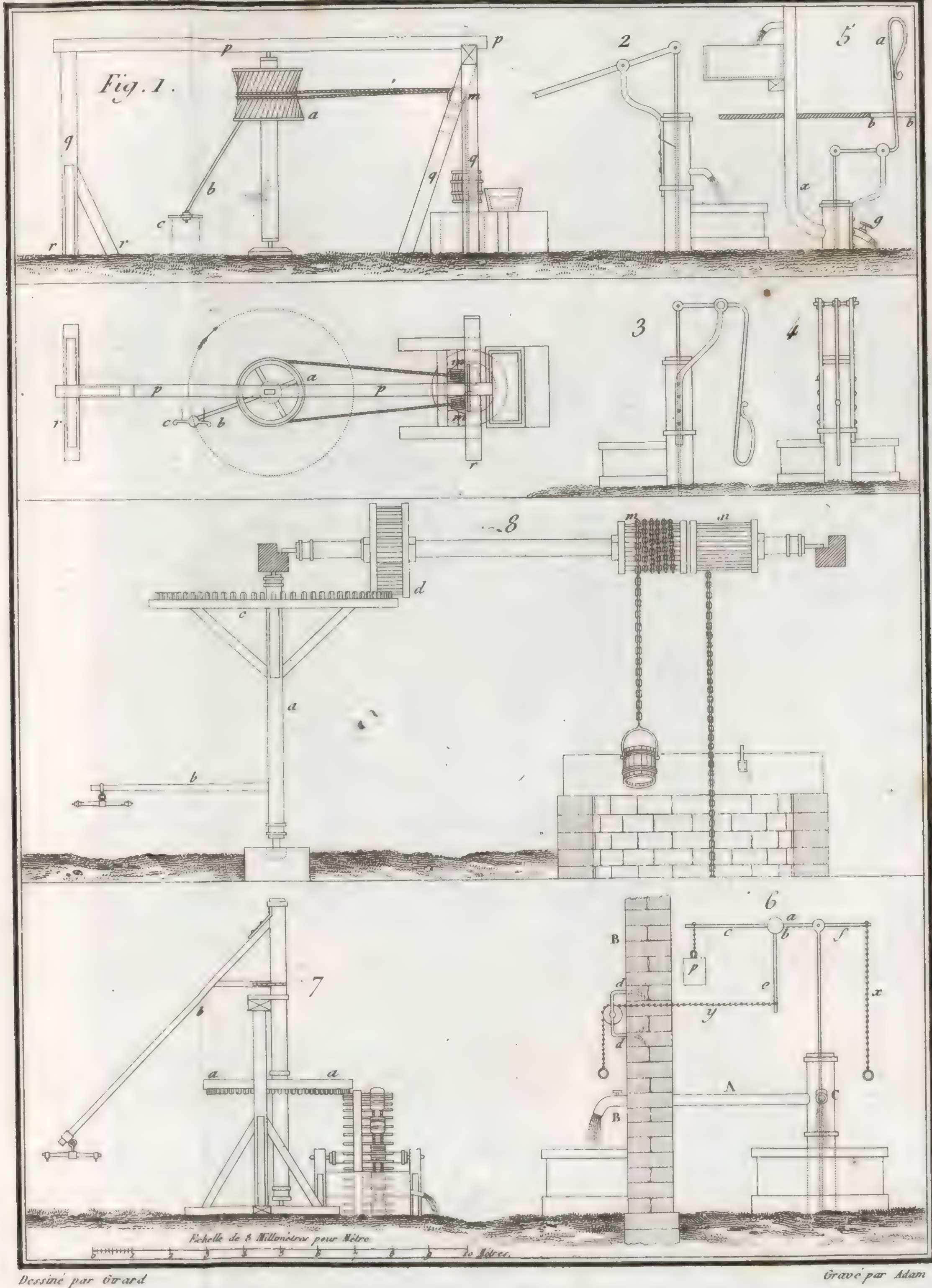
Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard

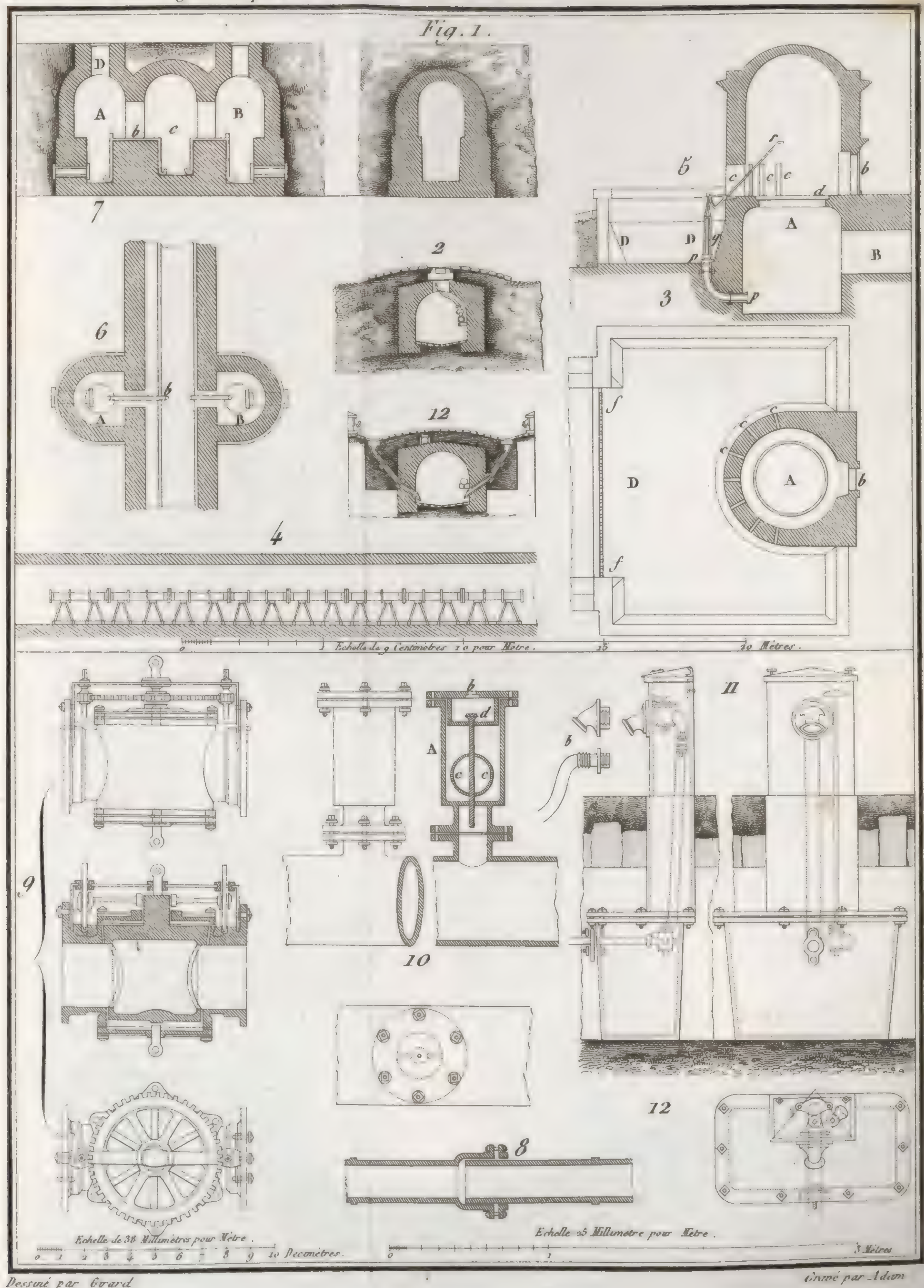
Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged



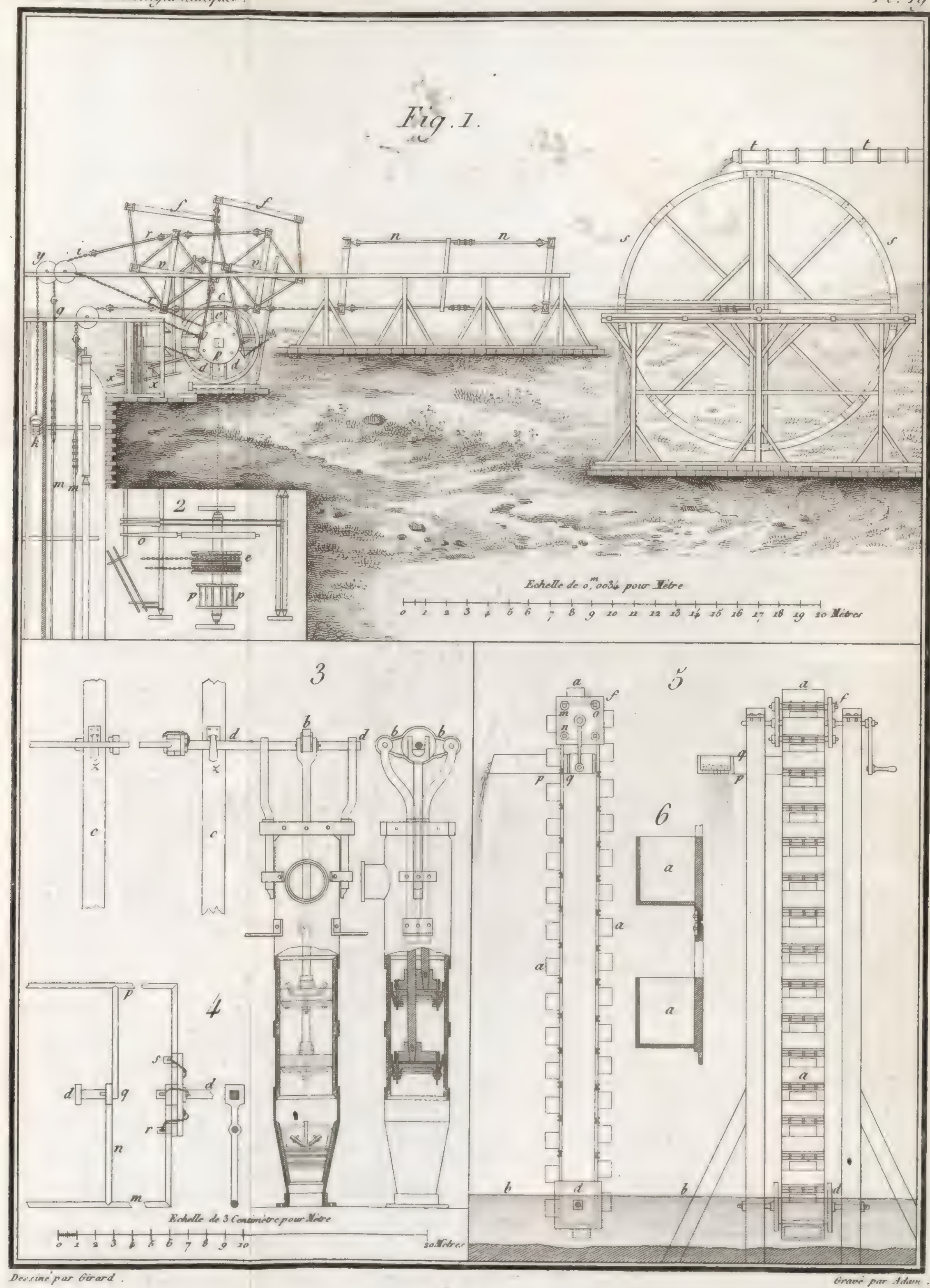
Dessiné par Girard *Gravé par Adam*

Back of
Foldout
Not Imaged



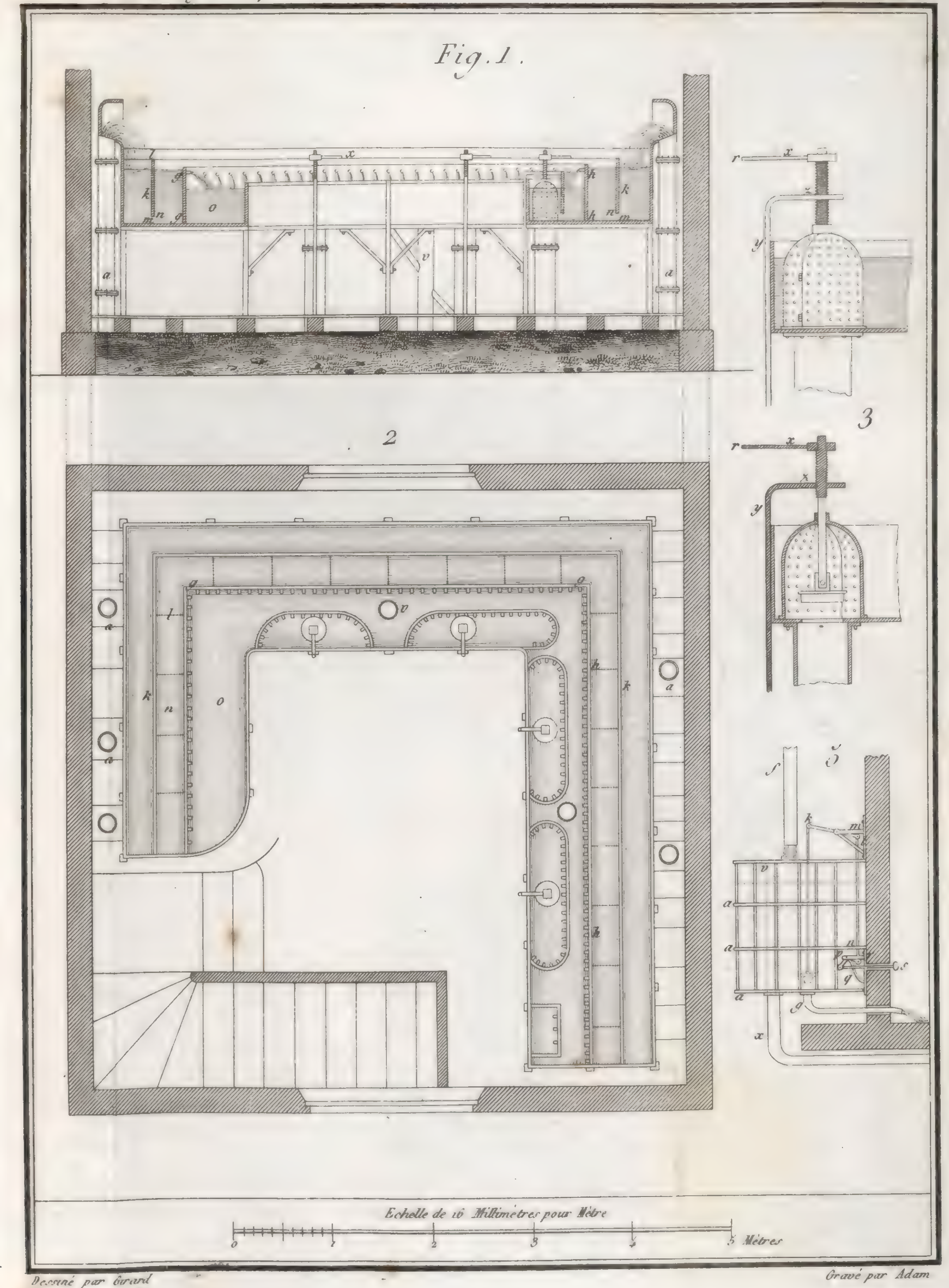
Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged

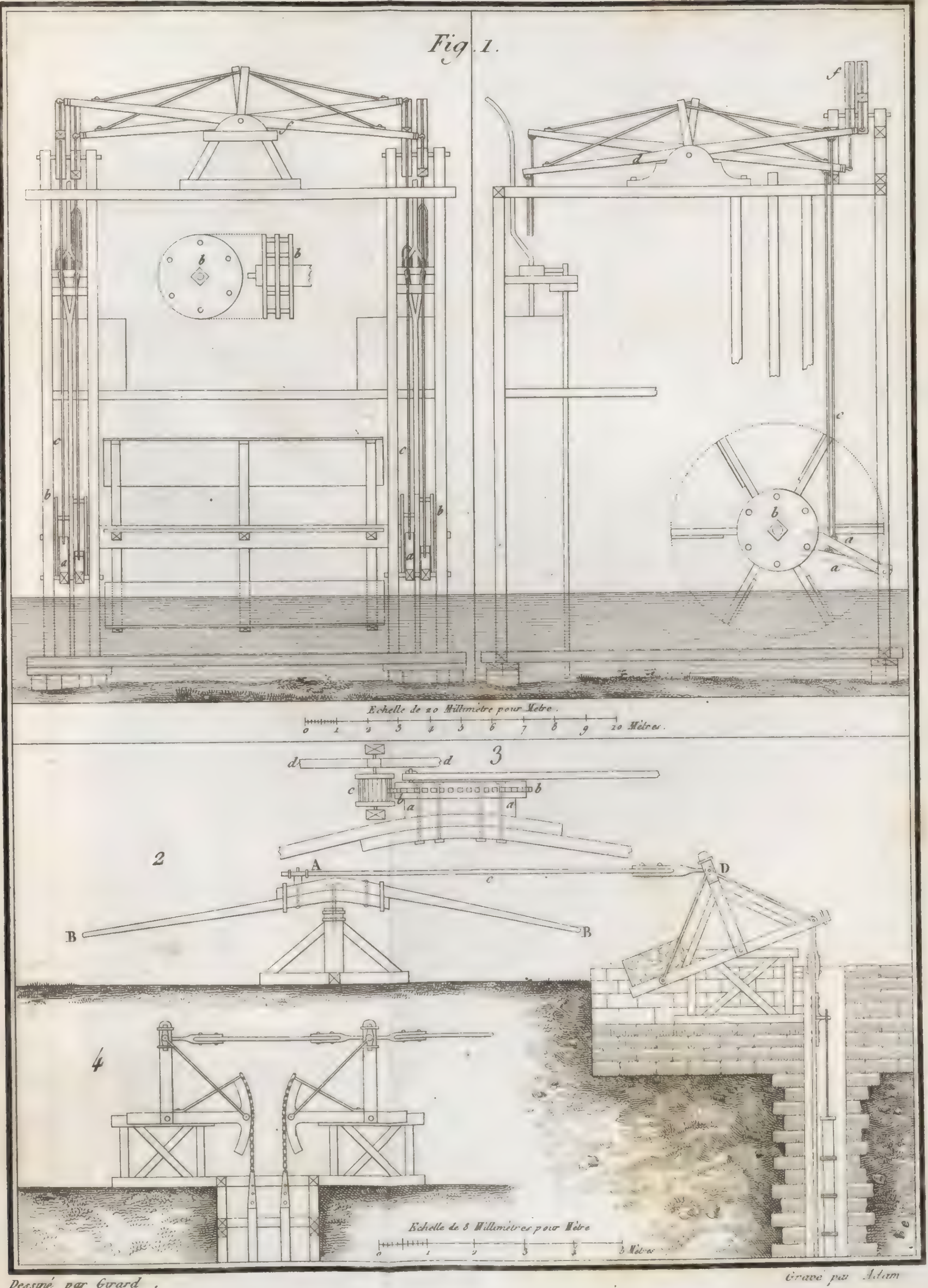


Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged

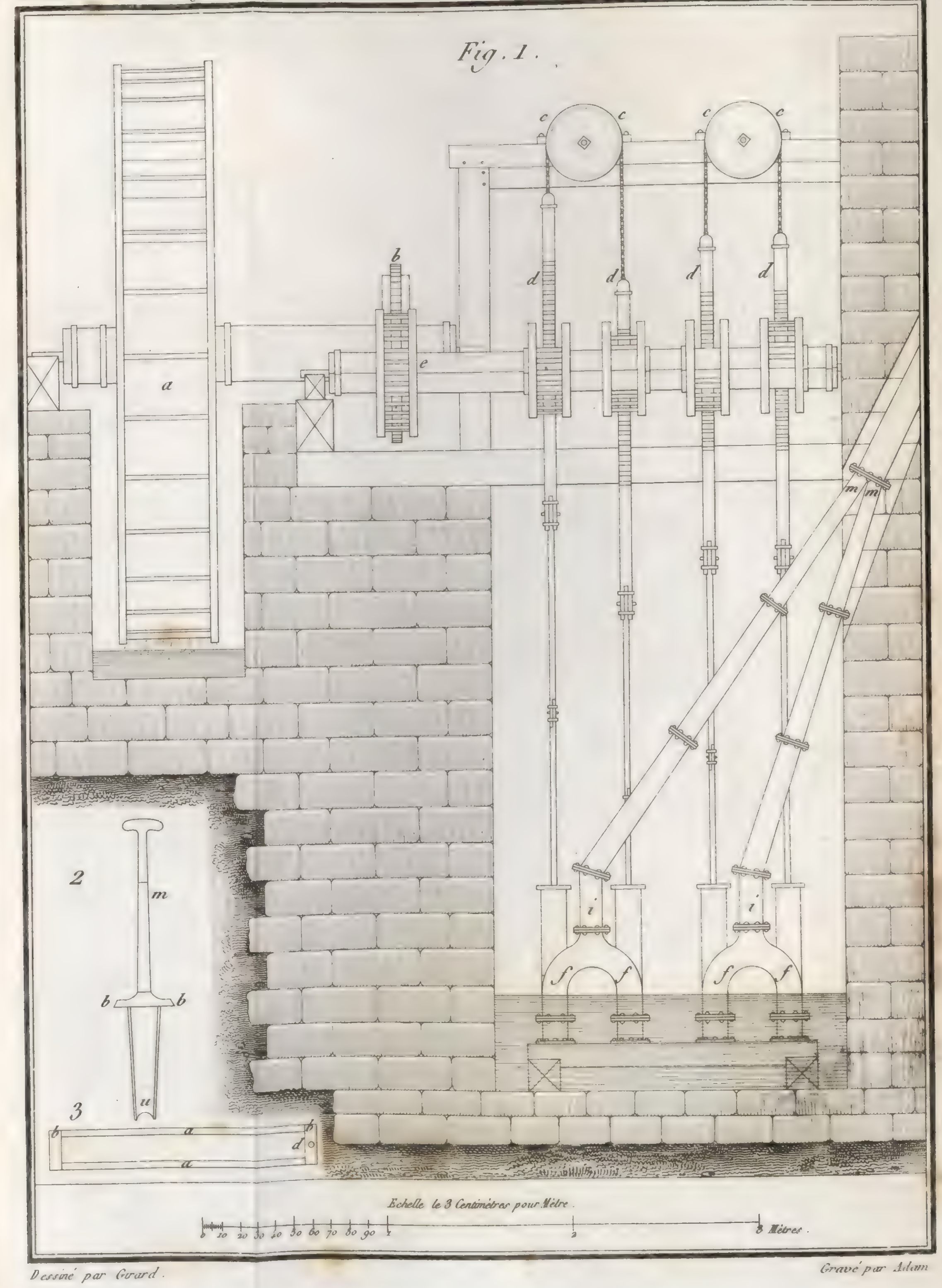

Fig. 1.
2
3
5
Echelle de 16 Millimètres pour Mètre
Mètres
Dessiné par Girard
Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged



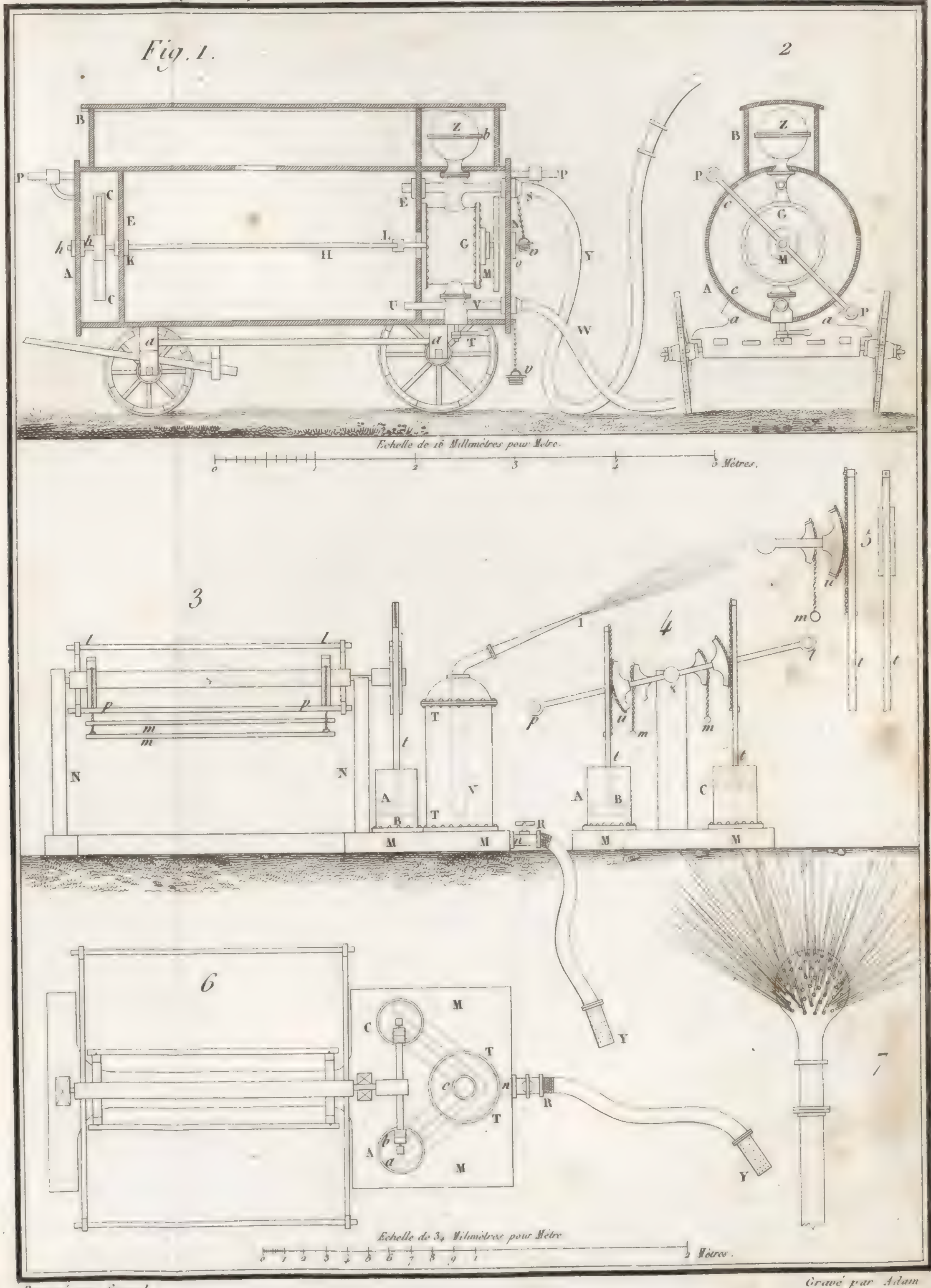
Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



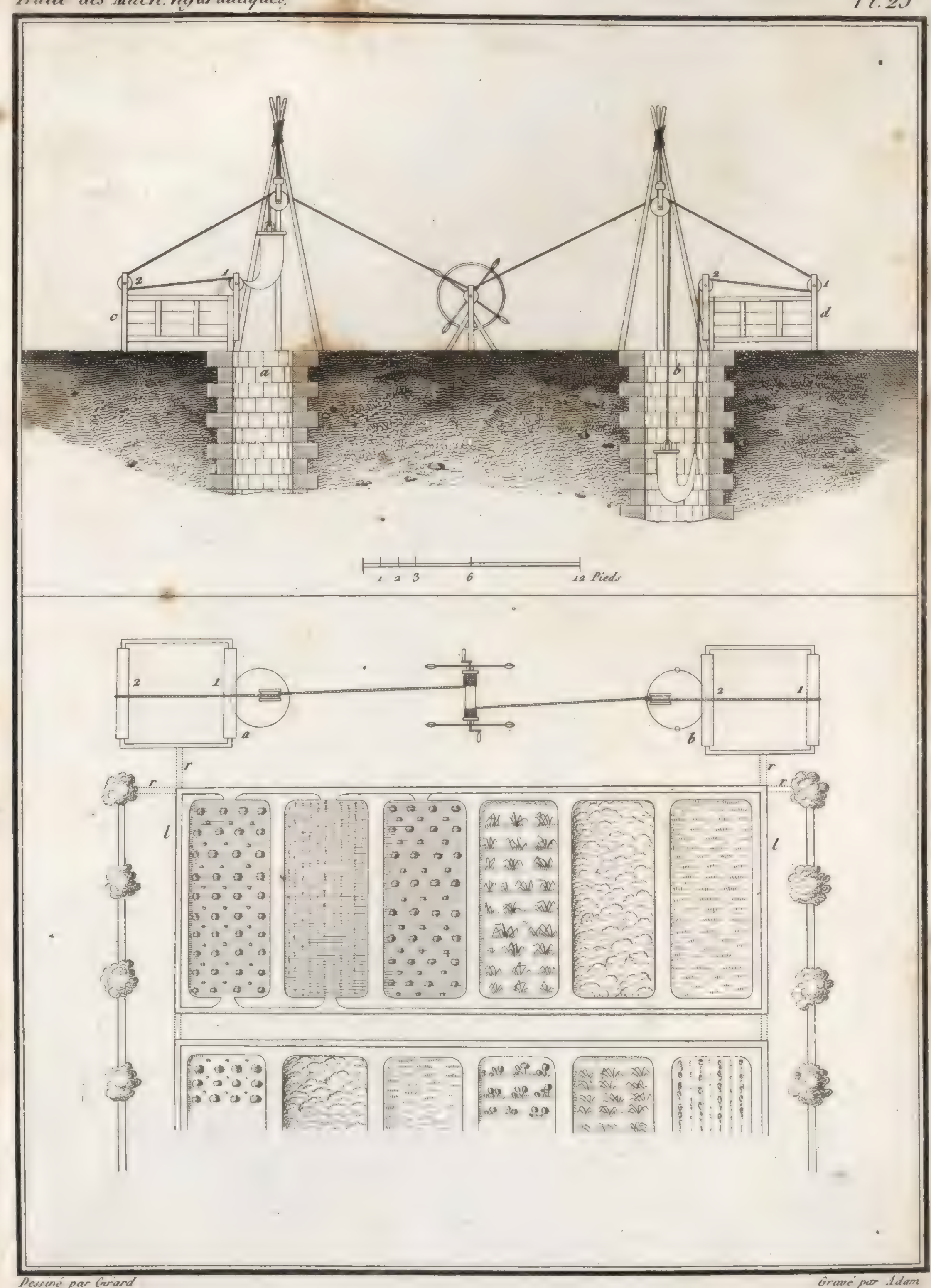
Dessiné par Girard

Gravé par Adam

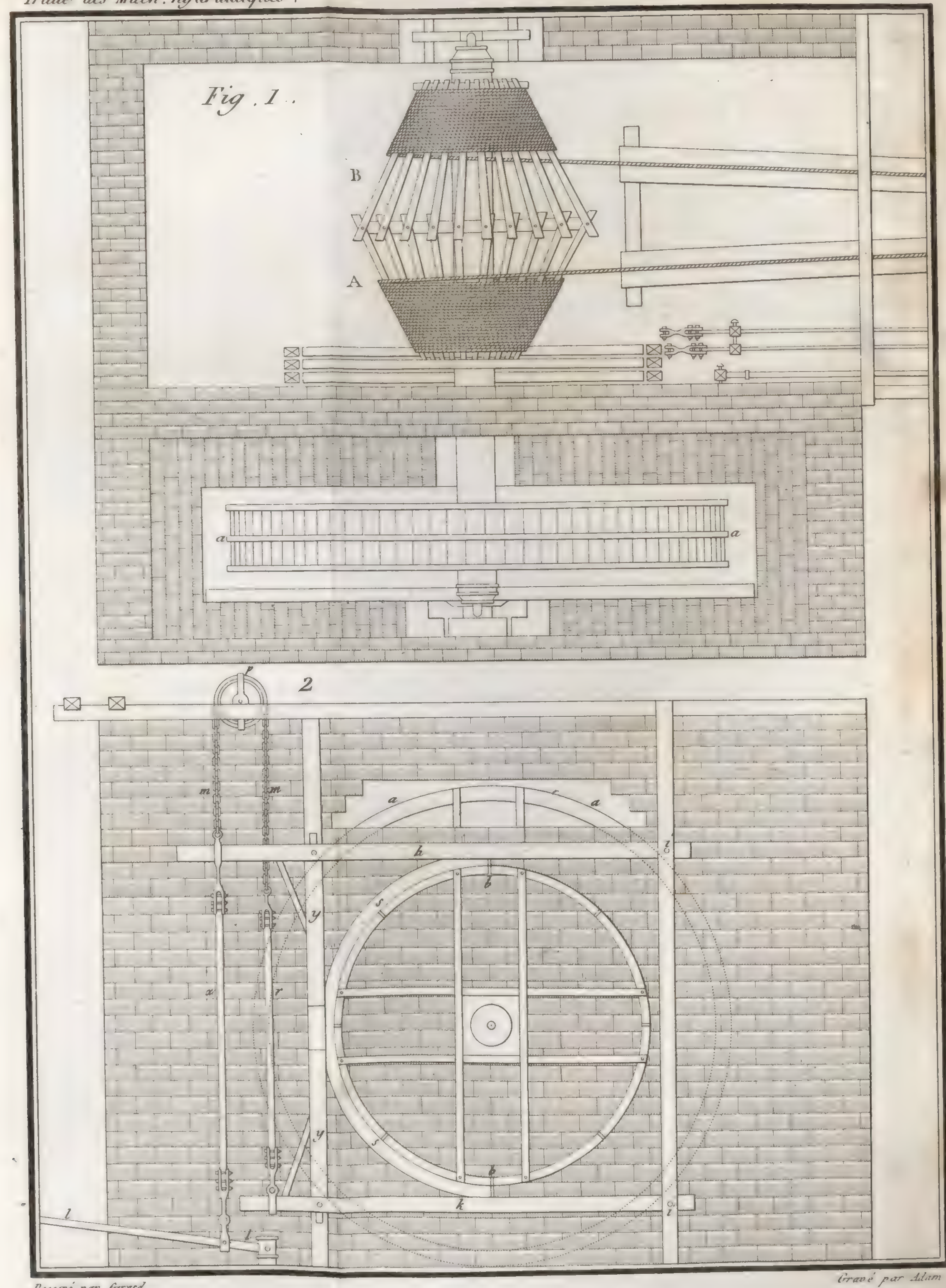
Back of
Foldout
Not Imaged

Dessiné par Girard Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged

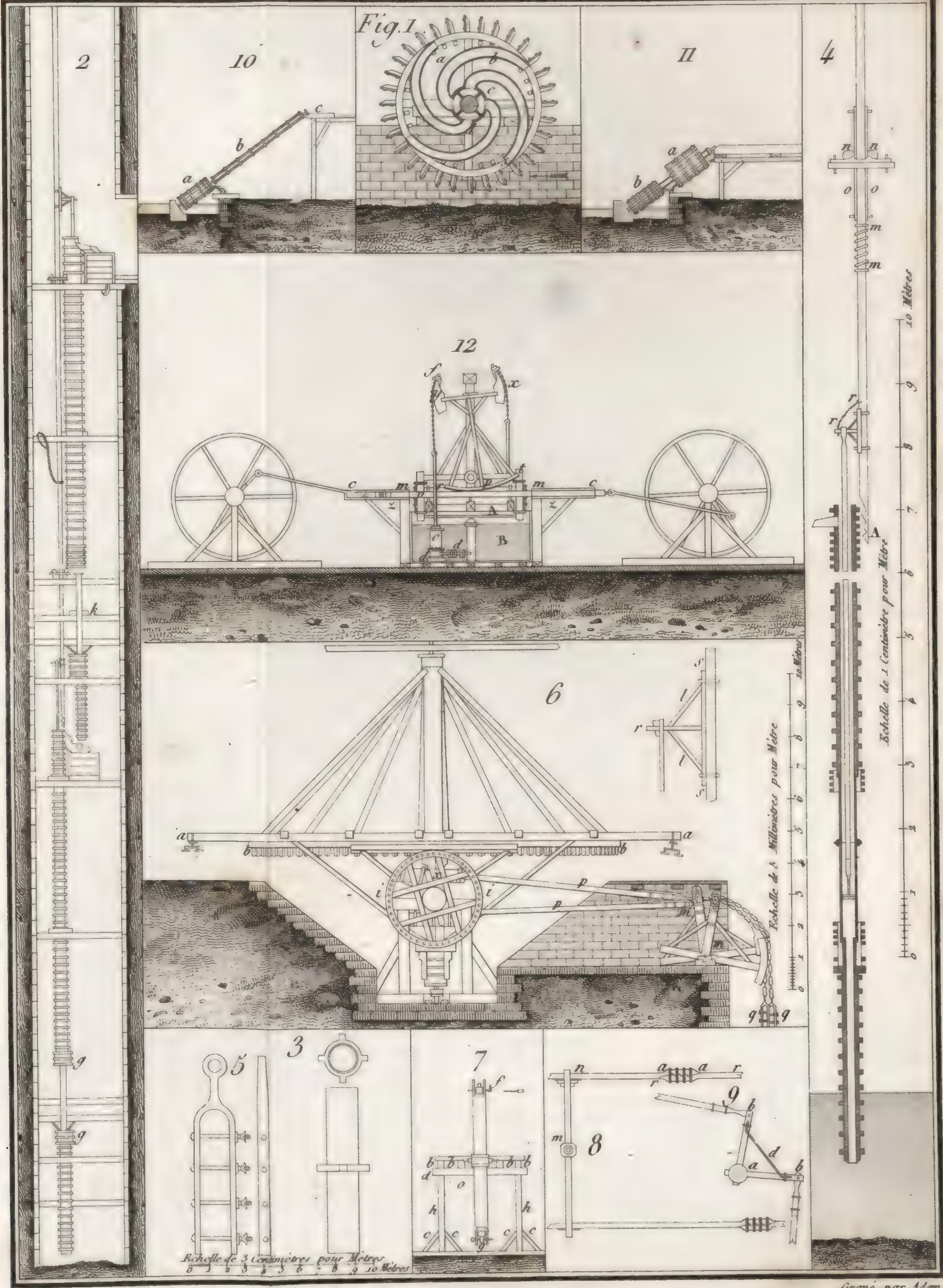

c
d
a
b
1
2
r
l
1 2 3 6 12 Pieds
Dessiné par Girard
Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard *Gravé par Adam.*

Back of
Foldout
Not Imaged

